

## **TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 144542**

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB  
DENGAN *HALF SLAB PRECAST* DAN *BRACING* PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG-GEMPOL PAKET 1  
STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO - JAWA TIMUR**

**Disusun Oleh:  
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012**

**Dosen Pembimbing 1 :  
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**Dosen Pembimbing 2 :  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



## **TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 144542**

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB  
DENGAN *HALF SLAB PRECAST* DAN *BRACING* PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG-GEMPOL PAKET 1  
STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO - JAWA TIMUR**

**Disusun Oleh:  
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012**

**Dosen Pembimbing 1 :  
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**Dosen Pembimbing 2 :  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - RC 144542**

**DESIGN STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD OF  
PILED SLAB WITH HALF SLAB PRECAST AND BRACING  
ON PILE IN TOLL ROAD RELOCATION PROJECTS  
PORONG-GEMPOL PACKAGE 1 STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO - EAST JAVA**

**ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012**

**Supervisor 1 :  
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**Supervisor 2 :  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING IN ADVANCED  
(EXPENDED) LEVEL  
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
VOCATIONAL FACULTY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

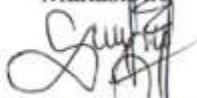
**DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN *HALF SLAB PRECAST* DAN  
*BRACING* PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG-GEMPOL PAKET 1 STA 37+350 – 37+700  
SIDOARJO - JAWA TIMUR**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
Program Studi Diploma Empat Lanjut Jenjang Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun oleh:

Mahasiswa



Ismi Baroroh

NRP. 10111715000012

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Surabaya, 11 Juli 2018

19 JUL 2018

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

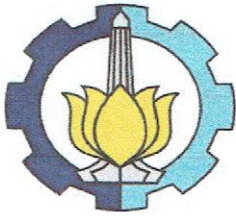
NIP. 19600105 198603 1 003



Ir. Chomaedhi, Ces Geo

NIP. 19550319 198403 1 001





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

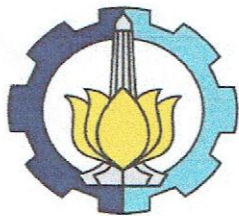
**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Ismi Baroroh 2  
**NRP** : 1 10111715000012 2  
**Judul Tugas Akhir** : DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB PRATEGANG DENGAN BRACING PADA PILE. PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET 1 SIDOARJO - JAWA TIMUR  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo - Ms. dan Ir. Chomaedi, CES GEO

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	20 Februari 2018	Mencari peraturan kontrol tegangan				
		Ijin, mempersiapkan SAP dan excel				
		hitungan untuk asistensi minggu		B	C	K
		depan, memakai borehole 8, STA		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		37+500 - 37+600 PS S2 - PS 53				
		(Freestanding tertinggi)				
				B	C	K
2.	14 Maret 2018	- Memakai peraturan pembebanan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		terbaru (SNI 1725-2016)				
		- Menghitung panjang tulangan				
		tarik berkait		B	C	K
		- preliminary design awal dirubah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		dari dimensi existing.				
3.	28 Maret 2018	- kontrol SAP, permodelan spun		B	C	K
		pile + PHT dengan tulangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Spun pile menggunakan PC wire				
		tapi mutu baja menjadi 800mpa				
		- Dicoba-coba tulangan PHT		B	C	K
		yang masih bisa masuk pada		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		dimensi Void spun pile untuk				

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal




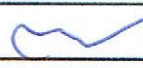
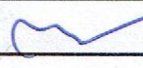



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Ismi Baroroh 2  
**NRP** : 1 10111715000012 2  
**Judul Tugas Akhir** : DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN  
 PILED SLAB PRATEGANG DENGAN BRACING  
 PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG-GEMPOL PAKET 1  
 SIDOARJO - JAWA TIMUR  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, Ms. dan Ir. Chomaedi, CES GEO

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		Meningkatkan kapasitas momen				
		pada permodelan spun pile + PHT				
4.	4 April 2018	- SAP tidak normal, momen pada		B	C	K
		spun pile tidak wajar (terlalu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		besar), diperbaiki lagi				
5.	26 April 2018	- R = 1 pada peraturan gempaterbaru				
		- Stress rasio spun pile + PHT belum		B	C	K
		masuk ( $>1$ ), harus dicoba		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		pasang bracing atau memper-				
		besar pile.				
6.	22 Mei 2018	- Diameter spun pile dicoba diganti		B	C	K
		D-80 Tipe B		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	05 Juni 2018	- Kembali mengubah diameter				
		spun pile ke D-60		B	C	K
		- Bracing silang bukan double		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		profu				
		- Cek lagi sap merah.				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





## BERITA ACARA TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 10/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Piled Slab dengan Half Slab Precast dan Bracing pada Pile Proyek Relokasi Jalan Tol Porong- Gempol Paket 1 Sidoarjo - Jawa Timur		
Nama Mahasiswa	Ismi Baroroh	NRP	10111715000012
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<p>Gambar Rus → dipotong di dalam rus</p> <p>Gambar no 31</p> <p>Terjemahan judul</p>	 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001
<p>→ Cantumkan hasil uji coba macam bracing</p> <p>→ Judul ditambahkan lokasi perencanaan (STA)</p> <p>→ Pertimbangan bentang janda sm yang direncanakan</p>	 R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002
	-
	NIP -
	-
	NIP -

### PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001	R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002	-	-
		NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan  
Buku Laporan Tugas Akhir Terapan

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN *HALF SLAB PRECAST* DAN  
BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG-GEMPOL PAKET 1 STA 37+350 – 37+700  
SIDOARJO - JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa** : Ismi Baroroh  
**NRP** : 10111715000012  
**Departemen** : Teknik Infrastruktur Sipil  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
2. Ir. Chomaedhi, Ces Geo

**ABSTRAK**

Proyek relokasi jalan tol Porong – Gempol paket 1 mempunyai panjang  $\pm 3.8$  km, dibangun di ruas tol Porong – Gempol Kelurahan Ketapang, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Jalan tol tersebut harus melewati daerah dengan kondisi tanah lunak, sehingga digunakan struktur piled slab pada hampir seluruh bagian jalan tol dan digunakan jembatan-jembatan bentang pendek pada sungai, saluran irigasi, pipa gas serta saluran lumpur lapindo.

Struktur piled slab ini menggunakan sistem *pile grup slab*, yaitu modifikasi terhadap struktur piled slab untuk bisa digunakan pada ketinggian elevasi jalan mencapai 11 m tergantung pada kondisi tanah dan pembebanan struktur. Modifikasi dilakukan dengan mengelompokkan piled slab menjadi satu pile grup dan memasang *bracing* terhadap arah transversal maupun longitudinal. Setiap pile grup terdiri dari 2 baris pile dengan jarak 3 m dan jarak antar pile grup adalah 6 m. Sehingga menggunakan tipe *half slab precast* dengan jarak segmen 3 dan 6 meter. Struktur piled slab ini memiliki *free standing* tiang pancang yang bervariasi. Namun, sistem struktur piled slab tol Porong-Gempol

ini di batasi penggunaannya sampai dengan *free standing* 8 meter saja.

Standart Pembebanan pada struktur mengacu pada SNI 1725:2016 (Pembebanan untuk jembatan), sedangkan untuk standart beban gempa mengacu pada SNI 2833:2016 (Perencanaan jembatan terhadap beban gempa) serta perhitungan struktur atas dan bawah menggunakan SNI T-12-2004 (Perencanaan struktur beton untuk jembatan) dan peraturan penunjang lainnya.

Struktur piled slab terdiri dari slab, pierhead dan pondasi tiang pancang. Permodelan pondasi tiang pancang menggunakan model tumpuan pegas elastis, yang dapat mempresentasikan daya dukung tanah terhadap pondasi tiang pancang, namun untuk menghindari goyangan yang berlebih pada struktur ke arah horisontal, maka perlu menambah kekakuan lateral struktur dengan ditambahkan rangka pengaku (*bracing*) pada pile dari material baja. Sehingga pergoyangan pondasi tiang pancang baik pada permukaan tanah maupun di atas permukaan tanah masih memenuhi syarat difleksi maksimum.

**Kata kunci : *Bracing, Half Slab Precast, Piled Slab.***

**DESIGN STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD  
OF PILED SLAB WITH HALF SLAB PRECAST AND  
BRACING ON PILE IN TOLL ROAD RELOCATION  
PROJECTS PORONG-GEMPOL PACKAGE 1 STA 37+350  
– 37+700 SIDOARJO - EAST JAVA**

**Student Name** : Ismi Baroroh  
**NRP** : 10111715000012  
**Department** : Teknik Infrastruktur Sipil  
**Supervisors** : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
2. Ir. Chomaedhi, Ces Geo

**ABSTRACT**

The Porong - Gempol toll road relocation project has a length of  $\pm 3.8$  km, built on the Porong - Gempol toll road in Ketapang, Porong, Sidoarjo, East Java. This toll road must be constructed on the soft soil conditions and overlapped short span bridges, irrigation canals, gas pipelines and lapindo mudflow.

This structure uses a slab-on-pile system, which is a modification of slabs in order to allow the construction on the road elevation up to 11m on the actual soil condition and structural loadings. The modification is conducted by grouping the slabs into one group and installing braces in the transverse or longitudinal direction. Each slab-on-pile unit consists of 2 rows of piles with a distance of 3 m and the distance between each slab-on-pile unit is 6 m. This project also uses half slab precast with 3 and 6-meter segment spacing. This slab-on-pile structure has a variety of freestanding length. However, this structure's freestanding length is limited to the maximum of 8 meters. Code uses for structural loading is SNI 1725: 2016 (loading for bridges), whereas seismic load is assigned to the structure based on SNI 2833: 2016 (earthquake planning against earthquake load) and also the calculation of upper and lower structure uses SNI T-

12-2004 (concrete event structure for bridges) and other related regulations.

This slab-on-pile structure consists of slabs, pierheads, and piles. Piles are modelled using elastic spring support, which can represent the carrying capacity of the soil against the pile, but to avoid excessive movement of the structure in the horizontal direction, it is necessary to add stiffness in the lateral direction of the structure with adding braces to the pile using steel material so that the deformation of the pile still satisfy the maximum deflection allowed.

**Key words: Bracing, Half Slab Precast, Slab on Pile.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan **Laporan Tugas Akhir** dengan judul **“Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Piled Slab dengan *Half Slab Precast* dan *Bracing* pada Pile Proyek Relokasi Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1 STA 37+350 – 37+700 Sidoarjo - Jawa Timur”**.

Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, sebagai penyemangat dan banyak memberikan dukungan moral maupun material serta doanya.
2. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. dan Ir. Chomaedhi, Ces Geo selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi sehingga laporan tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
3. Bapak-bapak dosen Penguji.
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca. Aamiin.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR NOTASI .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Maksud dan Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Peta Lokasi .....	6
1.7 Gambar Existing dan Rencana .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Peraturan yang Digunakan .....	9
2.2 Kinerja Batas dan Umur Rencana .....	9
2.3 Pembebanan .....	11
2.3.1 Beban Permanen .....	11
2.3.2 Beban Lalu Lintas.....	13
2.3.3 Beban Aksi Lingkungan .....	19
2.3.4 Pengaruh Gempa.....	22
2.3.5 Beban Settlement.....	30
2.3.5 Kombinasi Pembebanan .....	32
2.4 Persyaratan $P-\Delta$ .....	35
2.5 Sifat dan Karakteristik Material Beton.....	36
2.6 Sifat dan Karakteristik Material Baja Tulangan.....	39
2.6.1 Baja Tulangan non-Prategang .....	39
2.7 Faktor Reduksi Kekuatan .....	39
2.8 Persyaratan Selimut Beton .....	39
2.9 Dasar Perencanaan Komponen Utama .....	40
2.9.1 Dasar Perencanaan Pelat Lantai.....	40

2.9.1.1	Tebal Pelat Lantai Kendaraan .....	41
2.9.1.2	Rasio Penulangan Pelat Lantai.....	41
2.9.1.3	Penulangan Pelat Lantai.....	42
2.9.1.4	Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai (Tulangan Susut).....	42
2.9.1.5	Kontrol Kekuatan Penampang .....	43
2.9.1.6	Kontrol Geser Pons .....	44
2.9.2	Dasar Perencanaan Balok Pierhead .....	45
2.9.2.1	Asumsi Perencanaan .....	45
2.9.2.2	Kekuatan Minimum .....	46
2.9.2.3	Syarat Tulangan Maksimum .....	47
2.9.2.4	Jarak Tulangan .....	48
2.9.2.5	Detail Tulangan Lentur .....	48
2.9.2.6	Perencanaan Kekuatan Balok Terhadap Geser . .....	50
2.9.2.7	Gaya Geser Maksimum Dekat Tumpuan.....	50
2.9.2.8	Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Beton	51
2.9.2.9	Syarat-syarat Tulangan Geser .....	51
2.9.2.10	Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Tulangan Geser .....	51
2.9.2.11	Tulangan Geser Minimum .....	52
2.9.2.12	Detail Tulangan Geser.....	52
2.9.2.13	Jarak Antar Tulangan .....	52
2.9.2.14	Perencanaan Kekuatan Balok Terhadap Geser dan Puntir .....	52
2.9.2.15	Kekuatan Puntir Balok .....	53
2.9.2.16	Syarat Tulangan Puntir .....	53
2.9.2.17	Tulangan Puntir Memanjang.....	54
2.9.2.18	Tulangan Puntir Minimum .....	54
2.9.2.19	Detail Tulangan Puntir .....	55
2.9.3	Dasar Perencanaan Pondasi Tiang .....	55
2.9.3.1	Konsanta Pegas (Spring Constant).....	55
2.9.3.2	Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang .. .....	56
2.9.3.3	Kontrol Deformasi .....	58

2.10	Dasar Perencanaan Komponen Pendukung .....	59
2.10.1	Batas-batas lendutan.....	60
2.10.2	Faktor reduksi untuk keadaan kekuatan batas ...	60
2.10.3	Batas Kelangsingan .....	61
2.10.4	Faktor Panjang Tekuk .....	62
2.10.5	Batang Tekan .....	62
2.10.6	Batang Tarik.....	64
2.10.7	Sambungan Baut .....	66
2.11	Dasar Perencanaan Komponen Pelengkap.....	69
2.11.1	Penghalang lalu lintas.....	69
2.11.2	Angkur.....	71
2.11.3	Rubber sheet.....	74
2.11.4	Expansion joint.....	75
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>81</b>
3.1	Pengumpulan Data .....	81
3.2	Perencanaan Dimensi Struktur (Preliminary Design) ....	81
3.3	Input Pembebanan .....	82
3.4	Analisa Struktur.....	83
3.5	Analisa Gaya Dalam (M, N, D).....	83
3.6	Perhitungan Tulangan Struktur .....	84
3.7	Cek Persyaratan Perhitungan.....	85
3.8	Gambar Rencana .....	86
3.9	Perencanaan Metode Pelaksanaan.....	87
3.10	Bagan Alur.....	88
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>91</b>
4.1	Data Perencanaan .....	91
4.2	Penentuan Dimensi Struktur (Preliminary Design).....	92
4.2.1	Ruang Milik Jalan.....	92
4.2.2	Jarak antar Tiang Pancang dan Tiang Pancang ke Tepi.....	93
4.2.3	Penentuan Dimensi Pierhead .....	94
4.2.4	Penentuan Dimensi Pelat Lantai Kendaraan.....	97
4.3	Perhitungan Pembebanan Struktur .....	98
4.3.1	Beban Mati (MS).....	98
4.3.2	Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA).....	98

4.3.3	Beban Hidup.....	99
4.3.4	Beban Lalu Lintas.....	100
4.3.5	Beban Aksi Lingkungan .....	102
4.3.6	Pembebanan Gempa .....	103
4.3.7	Beban Settlement.....	108
4.4	Input Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	110
4.4.1	Input Beban Mati Tambahan dan Hidup .....	110
4.4.2	Input Beban Lalu Lintas .....	111
4.4.3	Input Beban Angin.....	116
4.4.4	Input Beban Gempa .....	116
4.4.5	Input Beban Settlement .....	117
4.4.6	Kombinasi Pembebanan .....	117
4.4.6.1	Kombinasi Keadaan atas Kuat .....	117
4.4.6.2	Kombinasi Keadaan Batas Extrem .....	118
4.4.6.3	Kombinasi Daya Layan.....	118
4.5	Perhitungan Pondasi Tiang Pancang .....	118
4.5.1	Konstanta Pegas (Spring Constant) .....	118
4.5.2	Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal.....	121
4.5.3	Desain Struktur Pondasi Tiang .....	129
4.6	Kontrol Pergoyangan Lateral .....	131
4.7	Perencanaan Bracing Profil Baja.....	135
4.7.1	Perencanaan Penempatan Bracing .....	135
4.7.2	Perhitungan Bracing Diagonal.....	144
4.7.3	Perencanaan Bracing Horizontal .....	149
4.7.4	Perencanaan Sambungan Baut Double Siku Tipe- A .....	154
4.7.5	Perencanaan Sambungan Baut Double Siku Tipe-B . .....	157
4.7.6	Perencanaan Clamp pada Tiang Pancang .....	161
4.8	Kontrol Pondasi Tiang Pancang dan Pergoyangan Lateral Kembali .....	164
4.9	Kontrol Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang.....	170
4.10	Persyaratan $P-\Delta$ .....	176
4.11	Evaluasi Kapasitas Pondasi Tiang Pancang Terhadap Tekuk .....	178

4.12	Perhitungan Tulangan Half Slab Precast .....	181
4.12.1	Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 5 m.....	181
4.12.2	Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 5,485 m.....	195
4.12.3	Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 2 m.....	208
4.12.4	Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 2,485 m.....	222
4.13	Perhitungan Tulangan Pier Head .....	236
4.14	Perhitungan Komponen Pelengkap.....	241
4.14.1	Penghalang Lalu Lintas dari Beton (Barrier) ..	241
4.14.2	Angkur.....	246
4.14.3	Expansion Joint .....	251
4.14.4	Rubber Sheet .....	254
BAB V METODE PELAKSANAAN.....		259
5.1	Pekerjaan Persiapan.....	262
5.2	Penentuan Koordinat Tiang Pancang dan Stacking Out.....	268
5.3	Pekerjaan Pemancangan Sesuai Kedalaman Rencana..	268
5.4	Pekerjaan Cutting Pile (Bobokan Tiang Pancang) .....	272
5.5	Pekerjaan Bekisting dan Pembesian Tiang Pancang (PHT).....	273
5.6	Pekerjaan Pengecoran Isian Tiang Pancang (PHT).....	274
5.7	Pekerjaan Pemasangan Bracing.....	274
5.8	Pekerjaan Bekisting dan Pembesian Pier Head .....	279
5.9	Pekerjaan Pengecoran Pier Head.....	279
5.10	Pekerjaan Erection Precast Half Slab.....	281
5.11	Pekerjaan Grouting Lateral antar Precast Half Slab	282
5.12	Pekerjaan Pembesian Topping Slab .....	283
5.13	Pekerjaan Bekisting dan Pengecoran Topping Slab.	283
5.14	Pekerjaan Pemasangan Tulangan Barrier dan Pengecoran Barrier.....	284
5.15	Pekerjaan Aspal .....	285
5.16	Pekerjaan Expansion Joint (Asphaltic Plug) .....	286

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	289
6.1 Kesimpulan.....	289
6.2 Saran.....	292
DAFTAR PUSTAKA.....	293
BIODATA PENULIS.....	294
Lampiran 1: Data Uji Tanah Bore Hole .....	295
Lampiran 2: Data Uji Tanah Sondir .....	296
Lampiran 3: Brosur Spun Pile .....	297

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Tol Porong-Gempol .....	6
Gambar 1. 2 Potongan Memanjang Piled Slab Existing .....	7
Gambar 1. 3 Potongan Melintang Piled Slab Existing .....	7
Gambar 1. 4 Potongan Memanjang Piled Slab Direncanakan.....	7
Gambar 1. 5 Potongan Melintang Piled Slab Direncanakan .....	7
Gambar 2. 1 Beban Lajur "D" .....	15
Gambar 2. 2 Penempatan Beban "D" dalam Arah Memanjang ..	16
Gambar 2. 3 Pembebanan Truk "T" (500 kN) .....	17
Gambar 2. 4 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T untuk Pembebanan Lajur "D" .....	18
Gambar 2. 5 Peta Percepatan Puncak Dibatuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun .....	25
Gambar 2. 6 Peta Respons Spektra Percepatan 0.2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun .....	26
Gambar 2. 7 Peta Respons Spektra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun.....	26
Gambar 2. 8 Bentuk Tipikal Respons Spektra di Permukaan Tanah.....	28
Gambar 2. 9 Variasi Koefisien Gesekan Selimut Sepanjang Tiang .....	31
Gambar 2. 10 Perencanaan Pelat Lantai.....	40
Gambar 2. 11 Analisa Posisi Roda Kendaraan.....	44
Gambar 2. 12 Penyebaran Beban Akibat Roda Kendaraan.....	44
Gambar 2. 13 Regangan dan Tegangan pada Penampang Beton Bertulang .....	46
Gambar 2. 14 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang.....	57
Gambar 2. 15 Nilai $k$ , untuk Kolom dengan Ujung-ujung yang Ideal.....	62
Gambar 2. 16 Gambar Tata Letak Baut.....	66
Gambar 2. 17 Jumlah Bidang Geser Berdasarkan Profil Batang	68

Gambar 2. 18 Bagan Alir Proses Perencanaan Sambungan Siar Muai Lantai Jembatan .....	77
Gambar 2. 19 Tipikal Detail Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug .....	80
Gambar 3. 1 Bagan Alur Metode Perhitungan Piled Slab .....	90
Gambar 4. 1 Penentuan Ruang Milik Jalan .....	92
Gambar 4. 2 Sketsa Jarak Pancang Arah Melintang .....	93
Gambar 4. 3 Sketsa Dimensi Pierhead .....	94
Gambar 4. 4 Area Geser Pons Pierhead Sisi Tepi .....	95
Gambar 4. 5 Area Geser Pons Pierhead Sisi Tengah .....	96
Gambar 4. 6 Dimensi Barrier .....	99
Gambar 4. 7 Peta Lokasi Pelaksanaan Struktur Piled Slab .....	104
Gambar 4. 8 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun .....	104
Gambar 4. 9 Peta Respons Spectra Percepatan 0,2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun .....	105
Gambar 4. 10 Peta Respons Spectra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun .....	105
Gambar 4. 11 Input Pembebanan Aspal .....	110
Gambar 4. 12 Input Pembebanan Barrier .....	110
Gambar 4. 13 Input Pembebanan Air Hujan .....	111
Gambar 4. 14 Input Pembebanan BTR 1 .....	111
Gambar 4. 15 Input Pembebanan BTR 2 .....	112
Gambar 4. 16 Input Pembebanan BTR 3 .....	112
Gambar 4. 17 Input Pembebanan BTR 4 .....	112
Gambar 4. 18 Input Pembebanan BGT 1 .....	113
Gambar 4. 19 Input Pembebanan BGT 2 .....	113
Gambar 4. 20 Input Pembebanan BGT 3 .....	114
Gambar 4. 21 Input Pembebanan BGT 4 .....	114
Gambar 4. 22 Input Pembebanan Truk .....	115
Gambar 4. 23 Input Pembebanan Rem .....	115
Gambar 4. 24 Input Pembebanan Angin .....	116
Gambar 4. 25 Input Beban Gempa Respon Spectra .....	116
Gambar 4. 26 Input Beban Settlement .....	117
Gambar 4. 27 Permodelan Input Spring Lateral .....	120



Gambar 4. 28 Permodelan Input Spring Lateral.....	121
Gambar 4. 29 Permodelan Spun Pile dan PHT .....	130
Gambar 4. 30 Kapasitas Rasio Struktur Pondasi.....	130
Gambar 4. 31 Hasil Perhitungan Struktur Pondasi Output SAP2000.....	131
Gambar 4. 32 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah X .....	132
Gambar 4. 33 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah Y .....	132
Gambar 4. 34 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah X .....	133
Gambar 4. 35 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah Y .....	134
Gambar 4. 36 Tampak Melintang Rencana Pemasangan Bracing Tulangan pada Pile .....	135
Gambar 4. 37 Tampak Memanjang Rencana Pemasangan Bracing Tulangan pada Pile .....	136
Gambar 4. 38 Properties Baja Tulangan yang Dipakai untuk Bracing .....	136
Gambar 4. 39 Hasil Stress Rasio pada Bracing Tulangan Baja. ....	137
Gambar 4. 40 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang.....	138
Gambar 4. 41 Tampak Melintang Rencana Pemasangan Bracing Rangka Batang pada Pile.....	139
Gambar 4. 42 Tampak Memanjang Rencana Pemasangan Bracing Rangka Batang pada Pile.....	139
Gambar 4. 43 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Siku .....	139
Gambar 4. 44 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Canal ....	140
Gambar 4. 45 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Hollow..	140
Gambar 4. 46 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Siku .....	142
Gambar 4. 47 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang.....	143
Gambar 4. 48 Denah Rencana Pemasangan Bracing pada Piles Slab.....	143
Gambar 4. 49 Potongan Melintang Rencana Pemasangan Bracing .....	144

Gambar 4. 50 Potongan Memanjang Rencana Pemasangan Bracing .....	144
Gambar 4. 51 Jarak Pemasangan Bracing .....	144
Gambar 4. 52 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah X Setelah di Bracing.....	164
Gambar 4. 53 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah Y Setelah di Bracing.....	165
Gambar 4. 54 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah X Setelah Dibracing .....	166
Gambar 4. 55 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah Y Setelah Dibracing .....	166
Gambar 4. 56 Kapasitas Rasio Struktur Tiang Pancang Setelah Dibracing.....	167
Gambar 4. 57 Hasil Perhitungan Struktur Pondasi Output SAP2000 Setelah Dibracing.....	168
Gambar 4. 58 Kapasitas Momen Curvature Penampang Komposit .....	177
Gambar 4. 59 Letak Momen M2-2 pada Tiang Pancang .....	178
Gambar 4. 60 Letak Momen M3-3 pada Tiang Pancang .....	178
Gambar 4. 61 Kapasitas Momen Diameter 60 Cm.....	179
Gambar 4. 62 Posisi 1 Geser Pons .....	181
Gambar 4. 63 Posisi 2 Geser Pons .....	182
Gambar 4. 64 Bidang Momen pada Pelat saat Pengangkatan ...	188
Gambar 4. 65 Bidang Momen pada Pelat saat Penumpukan.....	189
Gambar 4. 66 Bidang Momen pada Pelat saat Pemasangan.....	190
Gambar 4. 67 Bidang Momen pada Pelat saat Pengecoran.....	191
Gambar 4. 68 Bidang Geser .....	193
Gambar 4. 69 Tulangan Half Slab Precast L = 5 m.....	194
Gambar 4. 70 Tulangan Half Slab Precast L = 5,485 m.....	208
Gambar 4. 71 Tulangan Half Slab Precast L = 2 m.....	222
Gambar 4. 72 Tulangan Half Slab Precast L = 2,485 m.....	236
Gambar 4. 73 Pier Head Tumpuan .....	239
Gambar 4. 74 Detail Pier Head Tumpuan .....	240
Gambar 4. 75 Detail Pierhead Lapangan.....	240
Gambar 4. 76 Detail Dimensi Barrier .....	245

Gambar 4. 77 Detail Penulangan Barrier .....	245
Gambar 4. 78 Denah Angkur pada Piled SLab .....	250
Gambar 4. 79 Detail Angkur Fix Ø32.....	250
Gambar 4. 80 Detail Angkur Move Ø22.....	250
Gambar 4. 81 Detail Rencana Pemasangan Expansion Joint ....	254
Gambar 4. 82 Detail Rubber Sheet.....	257
Gambar 5. 1 Bagan Alur Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Piled Slab.....	261
Gambar 5. 2 Mobilisasi Kendaraan untuk Transportasi Kerja ..	262
Gambar 5. 3 Kegiatan Mobilisasi Alat Berat .....	263
Gambar 5. 4 Kegiatan Survey dan Pemetaan .....	264
Gambar 5. 5 Peralatan Survey dan Pemetaan.....	264
Gambar 5. 6 Kegiatan Menggambar Shop Drawing .....	265
Gambar 5. 7 Clearing dan Grubbing .....	265
Gambar 5. 8 Penghamparan Material Timbunan .....	267
Gambar 5. 9 Sketsa Penghamparan, Perataan, dan Pemadatan Timbunan Pilihan Berbutir.....	267
Gambar 5. 10 Perataan dan Pemadatan Material Timbunan ....	267
Gambar 5. 11 Pekerjaan Stacking Out .....	268
Gambar 5. 12 Penurunan Tiang Pancang dari Trailer Menuju Stock Pile Tidak Diperbolehkan Menggunakan Ganco pada Bagian Ujung-Ujung Tiang .....	269
Gambar 5. 13 Pengangkatan Tiang Pancang dari Proses Pemancangan.....	269
Gambar 5. 14 Tata Cara Penumpukan Spun Pile di Lokasi Penumpukan Material.....	270
Gambar 5. 15 Trial Pemancangan pada Pertama Kali Dilakukan pada Koordinat Pancang yang Sesuai dengan Gambar Kerja ...	270
Gambar 5. 16 Posisi Tiang Pancang saat Pekerjaan Pemancangan .....	271
Gambar 5. 17 Pekerjaan Kalendering.....	272
Gambar 5. 18 Pemotongan Tiang Pancang Sesuai Elevasi yang telah Ditentukan pada Shop Drawing Dibantu dengan Half Crane. ....	272
Gambar 5. 19 Pemasangan Clamp Penyangga .....	273

Gambar 5. 20 Pemasangan Bekisting dan Tulangan PHT .....	273
Gambar 5. 21 Pekerjaan Pengecoran PHT .....	274
Gambar 5. 22 Pemasangan Perancah .....	274
Gambar 5. 23 Pekerjaan Pemotongan Pelat Buhul.....	275
Gambar 5. 24 Pekerjaan Pelubangan Baut .....	275
Gambar 5. 25 Pekerjaan Pemasangan Clamp.....	276
Gambar 5. 26 Pekerjaan Pemasangan Bracing pada Pile .....	278
Gambar 5. 27 Pemasangan Bekisting Bawah dan Besi Pile Head Sesuai dengan Shop Drawing.....	279
Gambar 5. 28 Pemasangan Bekisting Samping Pile Head .....	279
Gambar 5. 29 Pengecoran Pile Head Menggunakan Concrete Pump.....	280
Gambar 5. 30 Proses Instalasi Gantry Crane di atas Pile Head.	281
Gambar 5. 31 Mobilisasi Precast Half Slab dengan Menggunakan Truk Trailer .....	281
Gambar 5. 32 Proses Pengangkatan Slab dengan Menggunakan Gantry Crane .....	282
Gambar 5. 33 Sambungan antar Precast.....	282
Gambar 5. 34 Pekerjaan Pembesian Topping Slab .....	283
Gambar 5. 35 Pekerjaan Pembesian Topping Slab .....	284
Gambar 5. 36 Pekerjaan Barrier.....	284
Gambar 5. 37 Pekerjaan Aspal.....	285
Gambar 5. 38 Pemotongan Lapisan Aspal dan Pembongkaran Garis .....	286
Gambar 5. 39 Membersihkan dari Kotoran dan Sisa-sisa Aspal .....	286
Gambar 5. 40 Pemasangan Tali dan Plat Baja .....	286
Gambar 5. 41 Pemasangan Agregat .....	287
Gambar 5. 42 Pemadatan Agregat.....	287
Gambar 5. 43 Penghamparan Aspal Bitumen .....	287

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sistem Pembebanan Gempa yang Digunakan untuk Kinerja Struktur .....	10
Tabel 2. 2Tabel Berat Isi untuk Beban Mati .....	11
Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri .....	12
Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan.....	12
Tabel 2. 5 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah.....	13
Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D” .....	14
Tabel 2. 7 Faktor Beban untuk Beban “T” .....	16
Tabel 2. 8 Nilai V0 dan Z0 Berdasarkan Kondisi Lahan .....	21
Tabel 2. 9 Tekanan Angin Dasar .....	21
Tabel 2. 10 Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan .....	22
Tabel 2. 11 Kelas Situs Tanah .....	24
Tabel 2. 12 Penjelasan Peta Gempa .....	24
Tabel 2. 13 Faktro Amplifikasi untuk PGA dan 0,2 Detik (FPGA/Fa).....	27
Tabel 2. 14 Koefisien Situs, Fv .....	27
Tabel 2. 15 Tipikal Koefisien Empiris yang Lebih Ditentukan oleh Jenis Tanah .....	31
Tabel 2. 16 Kombinasi Beban dan Faktor Beban .....	32
Tabel 2. 17 Simpangan Antar Lantai Ijin .....	59
Tabel 2. 18 Sifat Mekanis Baja Struktural .....	59
Tabel 2. 19 Batas Lendutan Maksimum.....	60
Tabel 2. 20 Faktor Reduksi ( $\emptyset$ ) untuk Keadaan Kekuatan Batas 60	
Tabel 2. 21 Tabel Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal untuk Elemen Tertekan ( Fy Dinyatakan dalam Mpa, dntuk Profil Siku Dan Dobel Siku). .....	62
Tabel 2. 22 Tabel Tipe-tipe Baut.....	67
Tabel 2. 23 Kriteria Kinerja Railing dan Kinerja terhadap Tumbukan.....	71
Tabel 2. 24 Kriteria Tingkat Kinerja .....	71
Tabel 2. 25 Trellebotg Elastomeric Bearing Pads & Strips.....	74
Tabel 2. 26 Spesifikasi Rubber Sheet.....	75

Tabel 2. 27 Koefisien Standar Rangkak Beton Sebagai Tambahan Regangan Jangka Panjang .....	78
Tabel 2. 28 Tipikal Sambungan Siar Muai, dan Pergerakannya ..	79
Tabel 4. 1 Tahanan Penetrasi Tanah.....	103
Tabel 4. 2 Zona Gempa .....	107
Tabel 4. 3 Faktor Kepentingan .....	107
Tabel 4. 4 Perhitungan Konstanta Pegas .....	119
Tabel 4. 5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang .....	123
Tabel 4. 6 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang Tipe B.....	168
Tabel 4. 7 Reaksi Pondasi Tiang Akibat Beban Tetap .....	170
Tabel 4.8 Reaksi Pondasi Tiang Pancang Akibat Beban Sementara .....	173
Tabel 4.9 Resume Persyaratan P Ijin Pondasi Tiang Pancang ..	176
Tabel 4.10 Resume Reaksi Pondasi Tiang Pancang Terjadi .....	176
Tabel 4. 11 Momen Terjadi pada Tiang Pancang Diameter 60 cm + PHT .....	180
Tabel 4. 12 Perbandingan antara Momen Terjadi dan Kapasitas Momen Curvature Tiang Pancang .....	180
Tabel 5. 1 Tenaga Kerja dan Peralatan yang Dibutuhkan untuk Melakukan Survey dan Pemetaan .....	264
Tabel 5. 2 Lama Pembongkaran Bekisting.....	280
Tabel 6. 1 Rekap Hasil Perhitungan Tulangan Pier Head .....	290
Tabel 6. 2 Rekap Hasil Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan....	291

## DAFTAR NOTASI

### Syarat umum perencanaan struktur beton:

$a_v$	= ukuran dari keliling geser kritis yang sejajar arah lenturan yang ditinjau.
$C_u$	= koefisien rangkai maksimum.
$E_c$	= modulus elastisitas beton, MPa.
$E_p$	= modulus elastisitas baja prategang, MPa.
$E_s$	= modulus elastisitas baja tulangan non-prategang, MPa.
$f_{cf}$	= kuat tarik lentur beton, MPa.
$f_{ct}$	= kuat tarik langsung dari beton, MPa.
$f_{c'}$	= kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari, MPa.
$f_{ci'}$	= kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dibebani atau dilakukan transfer gaya prategang, MPa.
$f_y$	= kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang, MPa.
$h$	= tinggi total komponen struktur, mm
$M_n$	= kekuatan momen nominal penampang, Nmm.
$M_u$	= momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang, Nmm.
$M_{ux}$	= momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar terhadap sumbu $x$ yang terbesar pada penampang, Nmm.
$M_{uy}$	= momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar terhadap sumbu $y$ yang terbesar pada penampang, Nmm.
$N_n$	= kekuatan aksial tekan penampang, N.
$N_u$	= beban aksial terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar, yang tegak lurus pada penampang, diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik, dan memperhitungkan pengaruh dari tarik akibat rangkai dan susut, N.
$R_n$	= besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur.
$u$	= panjang efektif dari keliling geser kritis, mm.
$\nu$	= angka Poisson.
$V_n$	= kekuatan geser nominal penampang, N.

$w_c$	= berat jenis beton, kg/m <sup>3</sup>
$\beta_h$	= perbandingan antara ukuran terpanjang dari luas efektif geser penampang yang dibebani, terhadap ukuran penampang yang diukur tegak lurus pada ukuran terpanjang tersebut.
$\epsilon_{cc,t}$	= regangan rangkak beton pada umur $t$ (hari) sejak saat dibebani oleh suatu tegangan tetap.
$\epsilon_{cs,t}$	= regangan susut beton pada umur $t$ (hari), terhitung 7 hari sejak saat pengecoran untuk beton yang dirawat basah di lokasi pekerjaan, atau terhitung 1-3 hari sejak saat pengecoran untuk beton yang dirawat dengan cara penguapan.
$\epsilon_{cs,u}$	= nilai regangan susut maksimum beton.
$\epsilon_e$	= regangan elastis beton akibat suatu tegangan tetap.
$\gamma_{cc}$	= faktor besaran rangkak yang dipengaruhi oleh material beton dan kondisi lingkungan pekerjaan.
$\gamma_i$	= faktor beban.
$\lambda_{cs}$	= faktor besaran susut yang dipengaruhi oleh material beton dan kondisi lingkungan pekerjaan.
$\phi$	= faktor reduksi kekuatan.
$\phi(t)$	= koefisien rangkak beton yang tergantung pada waktu $t$ .

### **Perencanaan kekuatan struktur beton bertulang:**

$a$	= tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen beton dalam analisis kekuatan batas penampang beton bertulang akibat lentur.
$a^*$	= jarak tegak lurus dari tumpuan terdekat ke penampang yang diperhitungkan.
$A_c$	= luas inti dari komponen struktur tekan dengan tulangan spiral diukur hingga diameter luar dari spiral, mm <sup>2</sup> .
$A_{ct}$	= luas bagian penampang beton yang dibatasi oleh tulangan sengkang, dihitung dari posisi pusat tulangan, mm <sup>2</sup> .
$A_f$	= luas tulangan di dalam konsol pendek yang menahan momen terfaktor, $[V_u a + N_u c(h - d)]$ , mm <sup>2</sup> .



$A_g$	= luas brutto penampang, $\text{mm}^2$ .
$A_l$	= luas total tulangan longitudinal yang menahan puntir, $\text{mm}^2$ .
$A_n$	= luas tulangan dalam korbél yang menahan gaya tarik $N_{uc}$ , $\text{mm}^2$ .
$A_{ps}$	= luas tulangan prategang dalam daerah tarik, $\text{mm}^2$ .
$A_s$	= luas tulangan tarik non-prategang, $\text{mm}^2$ .
$A_{sw}$	= luas tulangan yang membentuk sengkang tertutup.
$A_t$	= luas satu kaki dari sengkang tertutup dalam daerah sejarak $s$ yang menahan puntir, $\text{mm}^2$ .
$A_v$	= luas tulangan geser dalam daerah sejarak $s$ , atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak $s$ pada komponen struktur lentur tinggi, $\text{mm}^2$ .
$A_{vf}$	= luas tulangan geser-friksi, $\text{mm}^2$ .
$A_{vh}$	= luas tulangan geser yang paralel dengan tulangan lentur tarik dalam suatu jarak $s_2$ , $\text{mm}^2$ .
$b$	= lebar dari muka tekan komponen struktur, mm.
$b_o$	= keliling dari penampang kritis pada pelat dan pondasi, mm.
$b_t$	= lebar bagian penampang yang dibatasi oleh sengkang tertutup yang menahan puntir, mm.
$b_v$	= lebar efektif badan balok, atau diameter dari penampang bulat, setelah dikurangi lubang selongsong tendon prategang, mm.
$b_w$	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat, mm.
$c$	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm.
$c_1$	= ukuran dari kolom persegi atau kolom persegi ekuivalen, kepala kolom, atau konsol pendek diukur dalam arah bentang di mana momen lentur sedang ditentukan, mm.
$c_2$	= ukuran dari kolom persegi atau kolom persegi ekuivalen, kepala kolom, atau korbél, diukur dalam arah transversal terhadap arah bentang di mana momen lentur sedang ditentukan, mm.

$C_m$	= suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen.
$d$	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
$d_c$	= tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat, mm.
$E_c$	= modulus elastisitas beton, MPa.
$E_s$	= modulus elastisitas tulangan, MPa.
$EI$	= kekakuan lentur komponen struktur tekan.
$f_{ct}$	= harga rata-rata dari kuat tarik belah beton, MPa.
$f_d$	= tegangan akibat beban mati tak terfaktor, pada serat terluar dari penampang di mana terjadi tegangan tarik yang disebabkan oleh beban luar, MPa.
$f_{pc}$	= tegangan tekan pada beton (setelah memperhitungkan semua kehilangan prategang pada titik berat penampang yang menahan beban luar atau pada pertemuan dari badan dan sayap jika titik berat penampang terletak dalam sayap, MPa. (Pada komponen struktur komposit, $f_{pc}$ adalah resultante dari tegangan tekan pada titik berat penampang komposit atau pada pertemuan antara badan dan sayap jika titik berat penampang komposit berada di dalam sayap, akibat gaya prategang dan momen yang ditahan oleh komponen struktur pracetak yang bekerja sendiri).
$f_{pe}$	= tegangan tekan dalam beton akibat gaya prategang efektif saja (setelah memperhitungkan semua kehilangan prategang pada serat terluar dari penampang di mana tegangan tarik terjadi akibat beban luar, MPa.
$f_{pu}$	= kuat tarik yang disyaratkan dari tendon prategang, MPa.
$f_s$	= tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, MPa.
$f_y$	= tegangan leleh yang disyaratkan dari tulangan non-prategang, MPa.

$f_{pe}$	= tegangan tekan rata-rata pada penampang beton, termasuk akibat gaya prategang, MPa.
$f_{y,f}$	= tegangan leleh pengikat
$f_c'$	= kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.
$h$	= tinggi total komponen struktur, mm.
$h_b$	= tinggi total dari balok tepi.
$h_c$	= dimensi kolom terkecil.
$h_s$	= tinggi total dari pelat lantai atau panel penguat geser.
$h_v$	= tinggi total penampang kepala geser, mm.
$h_w$	= tinggi total dinding diukur dari dasar ke puncak, mm.
$h_{we}$	= tinggi efektif dari tinggi dinding terikat.
$h_{wu}$	= tinggi dinding yang tidak ditumpu.
$I$	= momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor yang bekerja.
$I_g$	= momen inersia penampang bruto beton terhadap sumbu pusat, dengan mengabaikan tulangan.
$I_{se}$	= momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur.
$I_t$	= momen inersia baja struktural profil, pipa atau tabung terhadap sumbu penampang komponen struktur komposit.
$J_t$	= modulus puntir, yang besarnya bisa diambil sebesar $0,4x2y$ untuk penampang segiempat masif; atau sebesar $0,4\Sigma x2y$ untuk penampang massif berbentuk T, L, atau I; atau sebesar $2A_m b_w$ untuk penampang berongga dinding tipis, di mana $A_m$ adalah luas yang dibatasi garis median dinding dari lubang tunggal, $mm^3$ .
$k$	= faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
$l$	= panjang komponen struktur diukur dari pusat ke pusat tumpuan.
$l_l$	= jarak horisontal antara pusat pengekang lateral
$l_n$	= bentang bersih diukur dari muka-ke-muka tumpuan.
$l_u$	= panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang.
$l_v$	= panjang dari lengan kepala geser diukur dari titik beban terpusat atau reaksi, mm.
$l_w$	= panjang horisontal dinding, mm.

$M_{cr}$	= momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar.
$M_m$	= momen yang telah dimodifikasi.
$M_{max}$	= momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban luar.
$M_p$	= kuat momen plastis perlu dari penampang kepala geser.
$M_u$	= momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang.
$M_v$	= tahanan momen yang disumbangkan oleh tulangan kepala geser.
$M_v^*$	= momen lentur rencana yang dialihkan dari pelat lantai ke tumpuan dalam arah yang ditinjau.
$N_u$	= beban aksial terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar, yang tegak lurus pada penampang, diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik, dan memperhitungkan pengaruh dari tarik akibat rangkai dan susut.
$N_{uc}$	= gaya tarik terfaktor yang bekerja pada puncak dari konsol pendek yang terjadi bersamaan dengan $V_u$ , diambil positif untuk tarik.
$N_n$	= kekuatan aksial nominal dinding per satuan Panjang
$P_b$	= kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang.
$P_c$	= beban kritis dengan memperhitungkan pengaruh tekuk.
$P_n$	= kuat aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan.
$P_o$	= kuat aksial nominal pada eksentrisitas nol.
$P_u$	= beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan $< \phi P_n$ .
$Q$	= indek stabilitas, lihat sub-pasal 5.7.6.
$r$	= radius girasi suatu penampang komponen struktur tekan.
$s$	= spasi dari tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm.
$s_1$	= spasi dari tulangan vertikal dalam dinding, mm.

$s_2$	= spasi dari tulangan geser atau puntir yang tegak lurus terhadap tulangan longitudinal atau spasi dari tulangan horisontal dalam dinding, mm.
$T_c$	= kuat puntir nominal yang disumbangkan oleh beton.
$T_n$	= kuat puntir nominal dari penampang komponen struktur.
$T_s$	= kuat puntir nominal yang disumbangkan oleh tulangan puntir.
$T_u$	= momen untir terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang.
$t_s$	= tebal minimum pelat lantai (dalam millimeter)
$tw$	= ketebalan dinding
$u$	= panjang efektif dari garis keliling geser kritis.
$ut$	= keliling poligon dengan puncaknya pada pusat tulangan memajang pada bagian sudut dari penampang melintang.
$V_c$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.
$V_{cl}$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat kombinasi momen dan geser.
$V_{cw}$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan di dalam badan.
$V_d$	= gaya geser pada penampang akibat beban mati tidak terfaktor.
$V_l$	= gaya geser terfaktor pada penampang akibat beban luar yang terjadi bersamaan dengan $M_{max}$ .
$V_n$	= kuat geser nominal dari penampang komponen struktur.
$V_p$	= komponen vertikal dari gaya prategang efektif pada penampang.
$V_s$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser.
$V_u$	= gaya geser terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang.
$x$	= dimensi terpendek bagian segiempat dari suatu penampang.

$y$	= dimensi terpanjang bagian segiempat dari suatu penampang.
$y1$	= dimensi sengkang terpanjang.
$z$	= besaran pembatas distribusi tulangan lentur.
$\alpha$	= sudut antara sengkang miring dan sumbu longitudinal dari komponen struktur.
$\alpha f$	= sudut antara tulangan geser-friksi dengan bidang geser.
$\alpha t$	= koefisien sebagai fungsi dari $y1/x1$ .
$\alpha v$	= rasio kekakuan lengan kepala geser terhadap penampang pelat komposit di sekitarnya.
$\beta 1$	= faktor tinggi blok tegangan tekan persegi ekivalen beban.
$\beta c$	= rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau muka tumpuan.
$\beta d$	= rasio dari beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum, di mana beban yang ditinjau hanya beban gravitasi dalam menghitung $Pc$ , atau rasio dari beban lateral terfaktor maksimum yang bekerja terhadap beban lateral total terfaktor pada tingkat yang ditinjau dalam perhitungan $Pc$
$\delta b$	= faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur di antara ujung-ujung komponen struktur tekan.
$\delta s$	= faktor pembesar momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi.
$\phi$	= faktor reduksi kekuatan.
$\gamma f$	= bagian dari momen tidak berimbang yang dipindahkan sebagai lentur pada hubungan pelat-kolom.
$\gamma v$	= bagian dari momen tidak berimbang yang dipindahkan sebagai geser eksentris pada hubungan pelat-kolom.
$\rho$	= rasio tulangan tarik non-prategang.

$\rho b$	= rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang.
$\rho_s$	= rasio dari volume tulangan spiral terhadap volume inti total (diukur dari sisi luar ke sisi luar spiral) dari sebuah komponen struktur tekan dengan tulangan spiral.
$\Delta o$	= simpangan relatif antar tingkat orde-pertama akibat $V_u$ .
$A_{cp}$	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, $\text{mm}^2$
$A_{cv}$	= Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_g$	= Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	= Luas bersih penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_{tp}$	= Luas penampang tiang pancang ( $\text{mm}^2$ )
$A_l$	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_o$	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser ( $\text{mm}^2$ )
$A_{oh}$	= Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	= Luas tulangan tarik non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_s'$	= Luas tulangan tekan non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_t$	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak $s$ untuk menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_v$	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak $s$ atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak $s$ pada komponen struktur lentur tinggi ( $\text{mm}^2$ )
$b$	= Lebar daerah tekan komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )
$b_o$	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
$b_w$	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
$C$	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
$C_c'$	= Gaya pada tulangan tekan

$C_s$	= Koefisien respons gempa (lihat 7.8.1.1 dan 13) SNI 1726 2012
$C_s'$	= Gaya tekan pada beton
$d$	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
$d_i$	= Tebal suatu lapisan tanah atau batuan di dalam lapisan 30 m paling atas, lihat 5.4.3 SNI 1726 2013
$d'$	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
$d_b$	= Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
$D$	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
$e$	= Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
$e_x$	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x
$e_y$	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y
$E$	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
$E_x$	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
$E_y$	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
$E_c$	= Modulus elastisitas beton (MPa)
$I_b$	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
$I_p$	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
$F_a$	= Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik), lihat 6.2 SNI 1726 2012
$f_c'$	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
$f_y$	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
$F_v$	= koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik), lihat 6.2 SNI 1726 2012



$f_{vy}$	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
$f_{ys}$	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
$h$	= Tinggi total dari penampang
$h_n$	= Bentang bersih kolom
$k$	= Eksponen yang terkait dengan perioda struktur (lihat 7.8.3) SNI 1726 2012
$L$	= Panjang komponen struktur
$L_n$	= Bentang bersih balok
$M_u$	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
$M_{nb}$	= Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
$M_{nc}$	= Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
$M_n$	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
$M_{nx}$	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
$M_{ny}$	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
$M_{ox}$	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol
$M_{oy}$	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
$M_1$	= Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
$M_2$	= Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
$M_{1ns}$	= Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

- $M_{2ns}$  = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- $M_{1s}$  = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- $M_{2s}$  = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- $N$  = Tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30 m paling atas, lihat 5.4.2 SNI 1726 2012
- $N_u$  = Beban aksial terfaktor
- $P_{cp}$  = keliling luar penampang beton (mm)
- $P_b$  = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
- $P_c$  = Beban kritis (N)
- $Ph$  = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
- $P_n$  = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- $P_o$  = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)
- $P_u$  = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- $R$  = Koefisien modifikasi respons, lihat table 9 SNI 1726 2012
- $S$  = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)

$S_s$	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.1.1 SNI 1726 2012
$S_{DS}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.6.4 (lihat 8.8.1) SNI 1726 2012
$S_{D1}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.4.4 SNI 1726 2012
$S_1$	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 6.1.1 SNI 1726 2012
$S_{MS}$	= Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_{M1}$	= Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$T$	= Periode fundamental bangunan seperti ditentukan dalam 7.8.2 SNI 1726 2012
$T_c$	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
$T_n$	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
$T_s$	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
$T_u$	= Momen torsi tefaktor pada penampang (Nmm)
$V_c$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)
$V_s$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
$x$	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
$\alpha$	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$\alpha_m$	= Nilai rata-rata $\alpha$ untuk semua balok tepi dari suatu panel
$\beta$	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
$\beta_d$	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
$\rho$	= Rasio tulangan tarik $\left( \frac{A_s}{bd} \right)$
$\rho'$	= Rasio tulangan tekan $\left( \frac{A_s'}{bd} \right)$
$\rho_b$	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
$\rho_{\max}$	= Rasio tulangan tarik maksimum
$\rho_{\min}$	= Rasio tulangan tarik minimum
$\phi$	= Faktor reduksi kekuatan
$\varepsilon$	= Regangan (mm)
$\varepsilon_c$	= Regangan dalam beton (mm)
$\lambda_d$	= Panjang penyaluran (mm)
$\lambda_{db}$	= Panjang penyaluran dasar (mm)
$\lambda_{dh}$	= Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).(mm)
$\lambda_{hb}$	= Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik (mm)
$\lambda_n$	= Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
$\lambda_u$	= Panjang bebas (tekuk) pada kolom

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Struktur piled slab terdiri dari slab, pierhead dan pondasi tiang pancang merupakan “*Sistem Integral Bridge*”, yaitu struktur jembatan yang direncanakan terintegrasi mulai dari struktur bawah sampai struktur atas. Sehingga pada saat struktur tersebut selesai dikerjakan, struktur tersebut menjadi portal menerus. Sistem ini mempunyai kestatis-tidak tentuan yang tinggi sehingga diharapkan memiliki jumlah *redundancy* yang banyak, hal itu menyebabkan struktur menjadi lebih kaku terutama untuk memikul beban-beban yang bekerja pada arah horisontal seperti: gaya friksi roda akibat gaya rem, gaya sentrifugal dan gaya gempa. Permodelan pondasi tiang pancang menggunakan model tumpuan pegas elastis, yang dapat mempresentasikan daya dukung tanah terhadap pondasi tiang pancang. Akibat struktur piled slab dimodelkan sebagai sistem struktur portal menerus, maka struktur secara keseluruhan tidak boleh mengalami penurunan pondasi yang tidak serentak, karena dapat menyebabkan kerusakan pada sistem struktur secara keseluruhan. Oleh sebab itu, pondasi tiang pancang tidak bisa mengandalkan lekatan tanah sehingga kedalaman tiang pancang harus sampai pada lapisan tanah keras (*N-bearing*) untuk mencegah penurunan pondasi.

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai desain struktur piled slab menggunakan sistem *pile grup slab*, yaitu modifikasi terhadap struktur piled slab untuk bisa digunakan pada ketinggian elevasi jalan mencapai 11 m. modifikasi dilakukan dengan mengelompokkan piled slab menjadi satu pile grup dan memasang bracing terhadap arah transversal maupun longitudinal. Setiap pile grup terdiri dari 2 baris pile dengan jarak 3 m dan jarak antar

pile grup adalah 6 m. Tiang pancang beton (spun pile) yang digunakan adalah dengan diameter 60 cm. Jumlah tiang pancang untuk tiap baris jembatan adalah 6 tiang untuk rencana 3 lajur.

Pada sistem struktur piled slab tol Porong-Gempol ini memiliki ketinggian elevasi jalan yang bervariasi, namun sistem struktur piled slab tol Porong-Gempol di batasi penggunaannya sampai dengan free standing 8 meter saja. Akibat elevasi jembatan yang tinggi, maka digunakan *half slab precast* untuk bentang antar pierhead 6 m dan bentang antar pierhead 3 m. Pemilihan penggunaan *half slab precast* agar pembangunan jalan tol dapat diselesaikan secepat mungkin dengan mempermudah metode pelaksanaan di lapangan. Selain itu, jalan tol juga harus direncanakan menahan beban yang lebih besar karena kendaraan yang melewati jalan tol tersebut tidak dapat diprediksi muatannya. Dari uraian tersebut, maka desain dengan menggunakan *half slab precast* menjadi solusi yang tepat karena proses pelaksanaannya dapat lebih cepat dan lebih kuat.

Relokasi jalan tol Porong-Gempol merupakan jalan tol yang dibangun di ruas jalan tol Porong-Gempol yang sudah ada, dimana proyek tersebut direncanakan untuk menghubungkan antara Porong dan Gempol. Jalan tol ini dibagi menjadi dua paket pekerjaan yang dilaksanakan oleh tim pelaksana yang berbeda, untuk paket 1 direncanakan memiliki panjang total kurang lebih 3815 m.

Berdasarkan data N-SPT lokasi proyek jalan tol Porong-Gempol termasuk dalam kelas situs tanah lunak dengan nilai N-SPT tanah  $< 0$  pada kedalaman mencapai  $\pm 8$  m dari permukaan tanah dan kedalaman tanah keras rata-rata mencapai  $\pm 40$  m, dari keadaan tanah lunak tersebut, sistem piled slab yang telah direncanakan pada ketinggian freestanding 8 meter, sebenarnya bisa mencapai freestanding yang lebih tinggi dari rencana semula, karena

keadaan tanah dengan nilai  $N-SPT < 1$  dianggap tidak mempunyai daya dukung terhadap pondasi tiang pancang, dengan panjang freestanding yang sangat tinggi dapat menyebabkan terjadinya pergoyangan yang berlebih pada struktur ke arah horisontal, maka perlu menambah kekakuan lateral struktur untuk mengurangi pergoyangan yang diakibatkan beban-beban yang bekerja, salah satunya dengan menambahkan rangka pengaku (*bracing*). Maka struktur utama tol Porong-Gempol direncanakan menggunakan struktur piled slab dengan sistem pile grup, dengan desain bracing untuk pile grup sebagai penambah kekakuan untuk mengurangi defleksi dan kelangsingan dari piled slab. Perlu untuk didesain tipe-tipe bracing yang memiliki kelebihan dalam menambah kekakuan struktur piled slab.

Sehingga dalam tugas akhir ini akan dibahas lebih lanjut mengenai desain struktur piled slab dengan *half slab precast* dan *bracing* pada pile dengan freestanding sangat tinggi dan akan didesain juga tipe-tipe bracing yang dapat menambah kekakuan struktur piled slab. Kemudian dibahas juga metode pelaksanaan konstruksi yang digunakan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam merencanakan tugas akhir, data pendukung sangatlah penting dalam merencanakan struktur piled slab. Oleh karena itu, harus direncanakan sesuai dengan kondisi lapangan.

Adapun rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana prosedur desain dan cara menghitung komponen utama struktur piled slab yang meliputi desain *half slab precast*, pierhead, dan tiang tiang pancang.
2. Bagaimana prosedur desain dan cara menghitung komponen pendukung struktur piled slab yang berupa bracing pada pile dan tipe-tipe bracing.

3. Bagaimana prosedur desain dan cara menghitung komponen pelengkap struktur piled slab yang meliputi desain penghalang lalu lintas, angkur, *rubber sheet*, *expansion joint*.
4. Bagaimana gambar detail dari struktur yang direncanakan.
5. Bagaimana metode pelaksanaan konstruksi yang digunakan.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembahasan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Desain tetap menggunakan spesifikasi material seperti pada perencanaan eksisting tetapi dibedakan dalam jarak segmen dan span, dimensi, hasil penulangan dan adanya breacing pada pile.
2. Layout struktur piled slab sama seperti perencanaan eksisting.
3. Perhitungan pembebanan struktur piled slab mengacu pada SNI 1725-2016.
4. Pembebanan gempa mengacu pada SNI 2833:2016.
5. Perhitungan ini hanya membahas struktural dan metode pelaksanaan dan tidak membahas perbandingan biaya antara desain yang dilakukan dan eksisting.

### 1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud penulis dalam melaksanakan tugas akhir ini secara umum adalah untuk memenuhi syarat kelulusan pendidikan, dan secara khusus adalah dalam desain struktur piled slab dengan *half slab precast* dan *bracing* pada pile.

Tujuan yang hendak dicapai dari desain struktur piled slab ini adalah :

1. Menghasilkan desain komponen utama struktur piled slab yang meliputi desain *half slab precast* dan



- kebutuhan penulangannya, desain pierhead dan kebutuhan penulangannya, desain tiang pancang dan kebutuhan penulangannya.
2. Menghasilkan desain tipe-tipe bracing pada pile untuk struktur piled slab.
  3. Menghasilkan perencanaan komponen pelengkap struktur piled slab yang meliputi desain penghalang lalu lintas dan kebutuhan penulangannya, penulangan angkur berupa detail kebutuhan diameter tulangan, kedalaman dan jarak, desain *rubber sheet* berupa ketebalan dan luas yang dibutuhkan, serta penilihan jenis *expansion joint* yang diperlukan.
  4. Menghasilkan gambar detail dari struktur yang direncanakan tersebut.
  5. Menghasilkan metode pelaksanaan konstruksi.

### **1.5 Manfaat**

Mahasiswa diharapkan mampu menyajikan karya yang orisinil dalam melakukan mendesain suatu proyek yang telah ada, serta dapat mengembangkan dan meningkatkan kreatifitas, keahlian dan profesi sesuai dengan bidang keahliannya.

## 1.6 Peta Lokasi



*Gambar 1. 1 Lokasi Tol Porong-Gempol*

**Gambar 1. 5 Potongan Melintang Piled Slab Direncanakan**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Peraturan yang Digunakan**

Perhitungan struktur gedung ini menggunakan acuan standart sebagai berikut:

1. Peraturan Perencanaan Jembatan, Bagian 1, BMS-1992.
2. Peraturan Perencanaan Jembatan, Bagian 2, BMS-1992.
3. Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (SNI T-12-2004)
4. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
5. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
6. Peraturan Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016)
7. Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa (SNI 2833-2016)
8. Pedoman Perencanaan Sambungan Siar Muai pada Lantai Jembatan (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11/SE/M/2015).
9. Braja M Das., “Principles of Foundation Engineering”, United State of America.

#### **2.2 Kinerja Batas dan Umur Rencana**

Secara umum struktur piled slab terdiri dari 3 bagian yaitu komponen utama, komponen pendukung dan komponen pelengkap, berikut adalah anatomi struktur piled slab secara umum berdasarkan komponen-komponennya :

1. Komponen utama
  - a. *Half slab precast*
  - b. Pierhead
  - c. Tiang pancang
2. Komponen pendukung
  - a. Bracing dari profil baja

3. Komponen pelengkap
  - a. Penghalang lalu lintas
  - b. Angkur
  - c. *Rubber sheet*
  - d. *Expansion joint*

Umur rencana struktur piled slab pendekat adalah 75 tahun untuk beban gempa sesuai dengan klasifikasi jembatan normal pada SNI 2833:2016. Sedangkan umur rencana 50 tahun untuk beban layan sesuai BMS Vol 01 pasal 1.2.3. Berdasarkan umur rencana tersebut dapat dibuat level kinerja yang diharapkan berikut priode ulang rencana untuk kasus pembebanan gempa dari struktur dan kinerja fungsionalnya seperti diperlihatkan pada table berikut:

***Tabel 2. 1 Sistem Pembebanan Gempa yang Digunakan untuk Kinerja Struktur***

<b>Reduksi Gempa</b>	<b>Periode Ulang Gempa</b>	<b>Untuk Desain Elemen Struktur</b>	<b>Keterangan</b>
R=1	1000 tahun (probabilitas 7% dalam 75 tahun)	Pondasi, expansion joint	Pondasi harus tetap dalam kondisi batas elastis sehingga nilai R diambil sama dengan 1 (dengan menggunakan strategi perencanaan gempa tipe 2 : desain bangunan bawah elastis dengan bangunan atas daktail)
R=3	1000 tahun (probabilitas 7% dalam 75 tahun)	Struktur atas (slab, pierhead, bresing, rubber	Untuk struktur tipe 2, desai bangunan atas harus dilakukan dengan menggunakan pendekatan berbasis

		sheet)	gaya dengan factor reduksi yang sesuai dengan daktilitas
--	--	--------	--

## 2.3 Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan di atas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

### 2.3.1 Beban Permanen

Beban permanen diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 7**. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam table dibawah ini:

**Tabel 2. 2Tabel Berat Isi untuk Beban Mati**

No.	Bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa (kg/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal ( <i>bituminous wearing surfaces</i> )	22,0	2245
2	Besi tuang ( <i>cast iron</i> )	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan ( <i>compacted sand, silt or clay</i> )	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal ( <i>asphalt concrete</i> )	22,0	2245
6	Beton ringan ( <i>low density</i> )	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja ( <i>steel</i> )	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0	1125

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 2

#### a. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural,

ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat tambahan dapat dilihat pada table dibawah ini:

**Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri**

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MS}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MS}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MS}^U$ )	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 3

#### b. Berat Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat tambaha dapat dilihat pada table dibawah ini:

**Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan**

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MA}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MA}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MA}^U$ )	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 <sup>(1)</sup>	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan <sup>(1)</sup> : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

Sumber: SNI 1725:2016 Tabel 4

#### c. Berat Akibat Tekanan Tanah (TA)

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) harus diperoleh berdasarkan



hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lapangan ataupun laboratorium.

Tekanan tanah lateral pada keadaan batas kekuatan dihitung dengan menggunakan nilai nominal dari  $\gamma_s$ , dan nilai rencana dari  $c$  serta  $\phi$ . Nilai-nilai rencana dari  $c$  dan  $\phi$  diperoleh dari nilai nominal dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan. Kemudian tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa nilai nominal dan selanjutnya dengan faktor beban yang sesuai seperti yang tercantum pada table dibawah ini:

**Tabel 2. 5 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah**

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{TA}$ )			
	Kondisi Batas Layan ( $\gamma_{TA}^S$ )		Kondisi Batas Ultimit ( $\gamma_{TA}^U$ )	
	Tekanan tanah		Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,00	1,25	0,80
	Tekanan tanah lateral			
	- Aktif	1,00	1,25	0,80
	- Pasif	1,00	1,40	0,70
	- Diam	1,00	<sup>(1)</sup>	
Catatan <sup>(1)</sup> : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.				

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 5

### 2.3.2 Beban Lalu Lintas

Pada perencanaan perhitungan beban lalu lintas telah diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8**, beban lalu lintas terdiri dari : beban lajur (TD), beban truk (TT), gaya rem (TB).

#### a. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban

garis (BGT). Adapun faktor bebannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”**

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban ( $\gamma_{DP}$ )	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{DP}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{DP}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 12

1. Intensitas beban “D” (SNI 1725-2016 pasal 8.3.1)  
Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total:

$$L \leq 30 \text{ m} \quad : q = 9.0 \text{ kPa} \quad (1)$$

$$L > 30 \text{ m} \quad : q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa} \quad (2)$$

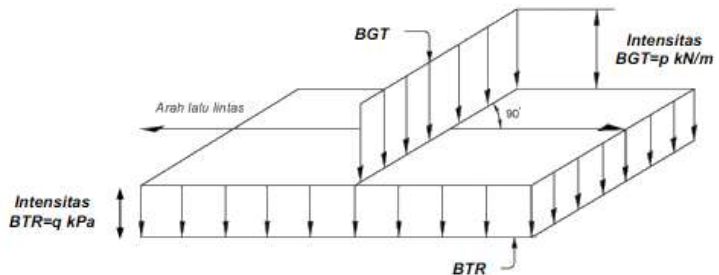
Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan.

Keterangan:

$q$  : intensitas BTR dalam arah memanjang jembatan (kPa)

$L$  : panjang jembatan yang dibebani (meter)

Beban garis: satu BGT dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu-lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49.0 kN/m (SNI 1725-2016 pasal 8.3.1)

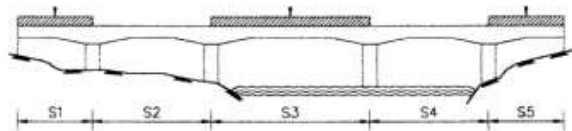


**Gambar 2. 1 Beban Lajur "D"**

Sumber: SNI 1725-2016 Gambar 24

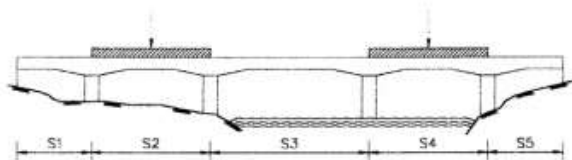
## 2. Distribusi beban "D"

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini (SNI 1725-2016 gambar 25):



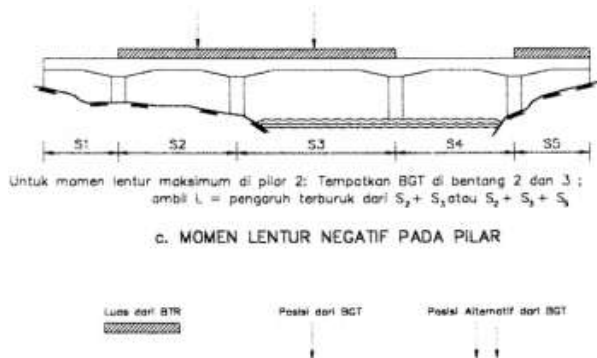
Untuk momen lentur maksimum di bentang 1: Tempatkan BGT di bentang 1 (bentang 5 serupa) ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S_1$ ;  $S_1 + S_3$ ; atau  $S_1 + S_3 + S_5$   
 Untuk momen lentur maksimum di bentang 3: Tempatkan BGT di bentang 3 ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S_2$ ;  $S_1 + S_4$ ; atau  $S_3 + S_5$

### a. MOMEN LENTUR POSITIF – BENTANG 1,3,5



Untuk momen lentur maksimum di bentang 2: Tempatkan BGT di bentang 2 ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S_2$  ; atau  $S_2 + S_4$   
 Untuk momen lentur maksimum di bentang 4: Tempatkan BGT di bentang 4 ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S_4$  atau  $S_2 + S_4$

### b. MOMEN LENTUR POSITIF – BENTANG 2,4



**Gambar 2. 2 Penempatan Beban “D” dalam Arah Memanjang**

Sumber: SNI 1725-2016 Gambar 25

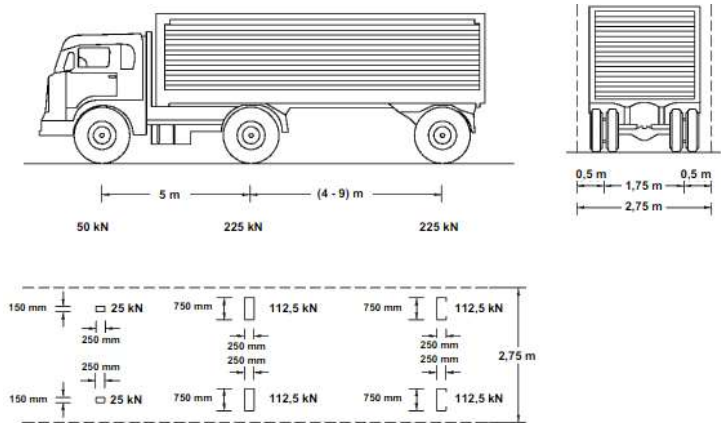
### b. Beban Truk “T” (TT)

Beban truck “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana.pembebanan truck “T” terdiri dari kendaraan truck semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Adapun faktor beban “T” seperti terlihat pada table berikut ini:

**Tabel 2. 7 Faktor Beban untuk Beban “T”**

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{TT}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{TT}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 13



**Gambar 2. 3 Pembebanan Truk “T” (500 kN)**

Sumber: SNI 1725-2016 Gambar 26

### c. Faktor Beban Dinamis (FBD)

FBD diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8.6** besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali FBD. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dari pembebanan lajur “D” tidak dikali dengan FBD. Untuk pembebanan “D”: FBD merupakan fungsi panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam **SNI 1725-2016 Gambar 28**. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{L_{av} L_{max}}$$

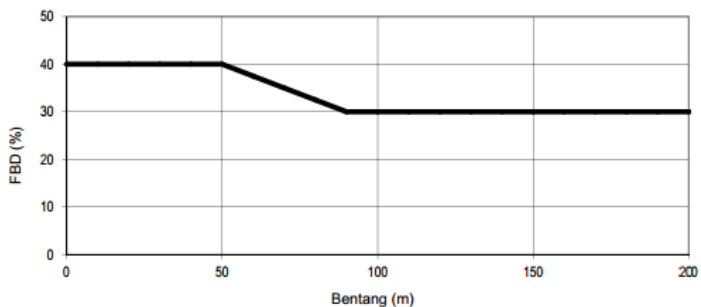
(3)

Keterangan:

$L_{av}$  : panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

$L_{max}$  : panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada dibawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jarang kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



**Gambar 2. 4 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T untuk Pembebanan Lajur “D”**

Sumber: SNI 1725-2016 Gambar 28

#### **d. Gaya Rem (TB)**

Gaya rem diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8.7**, gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

1. 25% dari berat gandar truk desain atau,
2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang di masa depan akan berubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada **SNI 1725-2016 pasal 8.4.3** berlaku untuk menghitung gaya rem.

### **2.3.3 Beban Aksi Lingkungan**

Aksi lingkungan diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 9**. Aksi lingkungan memasukkan pengaruh temperature, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standart ini dihitung berdasarkan analisis statistic dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Perencana mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan.

#### **a. Beban Angin**

1. Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos leh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari

semua komponen, termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya. Luasan yang tidak memberikan kontribusi dapat diabaikan dalam perencanaan. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana,  $V_{DZ}$ , harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut (SNI 1725-2016 pasal 9.6.1):

$$V_D = 2,5 V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \quad (4)$$

Keterangan:

$V_{DZ}$  : kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

$V_{10}$  : kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

$V_B$  : kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm, yang akan menghasilkan tekanan

Z : elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air

$V_0$  : kecepatan gesekan air, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam table 28, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)

$Z_0$  : panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorology, ditentukan pada SNI 1725-2016 tabel 28



**Tabel 2. 8 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  Berdasarkan Kondisi Lahan**

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 28

## 2. Beban Angin pada Struktur (EWs)

Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal, kecuali ditentukan lain dalam SNI 1725-2016 pasal 9.6.3. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2 \quad (5)$$

Keterangan:

$P_B$  : tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam SNI 1725-2016

**Tabel 2. 9 Tekanan Angin Dasar**

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 29

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

## 3. Beban Angin Kendaraan (EWi)

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan

tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Kecuali jika ditentukan didalam pasal ini, jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka komponen yang bekerja tegak lurus maupun paralel terhadap kendaraan untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti yang ditentukan dalam SNI 1725-2016 Tabel 31 dimana arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah permukaan kendaraan.

**Tabel 2. 10 Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan**

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 31

### 2.3.4 Pengaruh Gempa

#### 1. Gaya Gempa Horizontal Statis

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik ( $C_{sm}$ ) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons ( $R_d$ ) dengan formulasi sebagai berikut (SNI 1725-2016 pasal 9.7):

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (6)$$

Keterangan:

$E_Q$  : gaya gempa horizontal statis (kN)

$C_{sm}$  : koefisien respons gempa elastis

$R_d$  : faktor modifikasi respons

$W_t$  : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

## 2. Spektrum Respons Gempa (SNI 2833:2016)

Untuk struktur piled slab ini beban gempa direncanakan dengan SNI 2833:2016 “Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa” dengan metode analisa gempa respon spektrum.

### Kelas Situs Tanah

Klasifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan tebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium (**SNI 2833:2016 pasal 5.3**) Dengan nilai N:

$$N = \left( \frac{\sum d_i}{\sum N_i} \right) \quad (7)$$

Dimana:

$d_i$  : kedalaman (m)

$N_i$  : Nilai N-SPT

Dari nilai N diatas, dapat ditentukan nilai kelas situs tanah, dengan tabel dibawah ini (**SNI 2833:2016 tabel 2**)

**Tabel 2. 11 Kelas Situs Tanah**

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Sumber: SNI 2833:2016 Tabel 2

### Menentukan Nilai PGA, $S_s$ dan $S_1$

Untuk menentukan nilai faktor situs ditentukan dengan melihat lokasi dimana struktur piled slab akan dibangun melalui peta gempa (SNI 2833:2016 pasal 5.2.1 Tabel 1).

**Tabel 2. 12 Penjelasan Peta Gempa**

No	No Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar 1	7% dalam 75 tahun (gempa $\approx$ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar 2		Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar ( $S_s$ )
3	Gambar 3		Peta respons spektra percepatan 1.0 detik di batuan dasar ( $S_1$ )

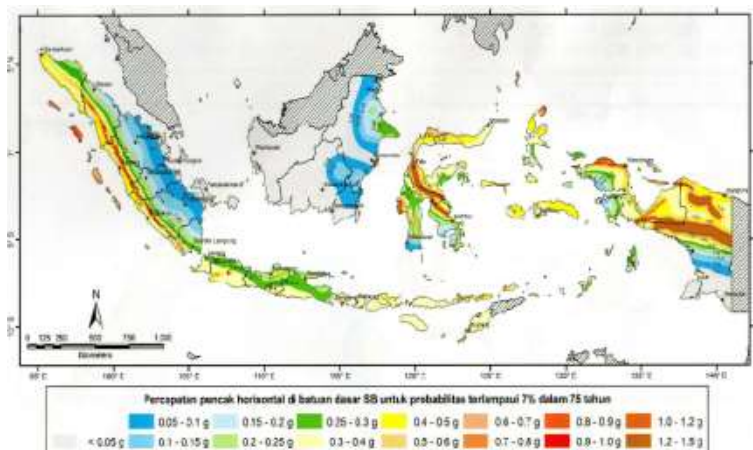
Sumber: SNI 2833:2016 Tabel 1

Keterangan:

PGA : percepatan puncak batuan dasar mengacu pada peta gempa (SNI 2833:2016 Gambar 1)

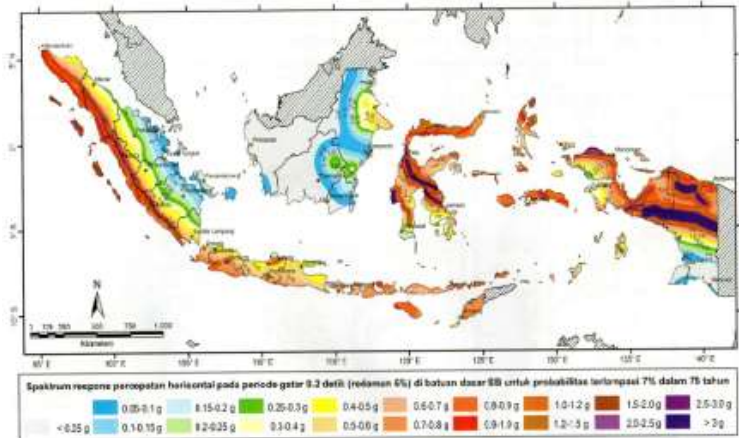
Ss : parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ( $T = 0,2$  detik) mengacu pada peta gempa (SNI 2833:2016 Gambar 2)

S1 : parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1,0 detik mengacu pada peta gempa (SNI 2833:2016 Gambar 3)

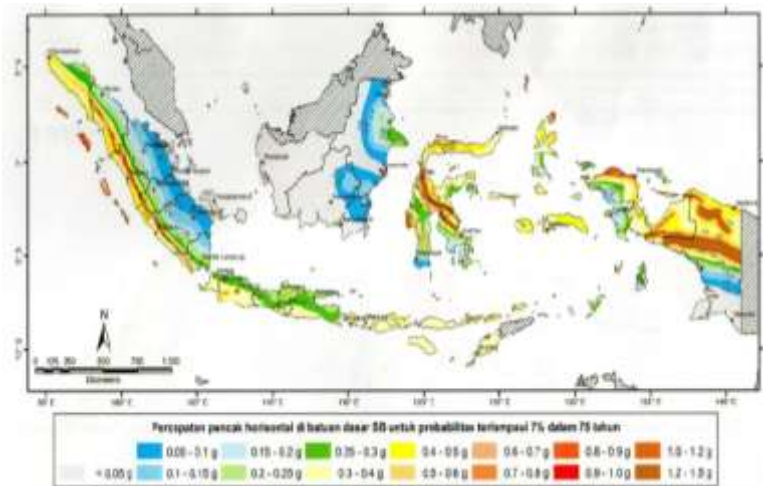


**Gambar 2. 5 Peta Percepatan Puncak Dibatuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

Sumber: SNI 2833-2016 gambar 1



**Gambar 2. 6 Peta Respons Spektra Percepatan 0.2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**



**Gambar 1 - Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun**

**Gambar 2. 7 Peta Respons Spektra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

### Menentukan faktor Situs

Untuk menentukan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ( $T = 0,2$  detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik (FPGA), faktor amplifikasi periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Diatur dalam SNI 2833:2016 pasal 5.3.2 tabel 3 dan table 4.

**Tabel 2. 13 Faktro Amplifikasi untuk PGA dan 0,2 Detik (FPGA/ $F_a$ )**

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA=0,2$	$PGA=0,3$	$PGA=0,4$	$PGA >0,5$
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

Sumber SNI 2833:2016 Tabel 3

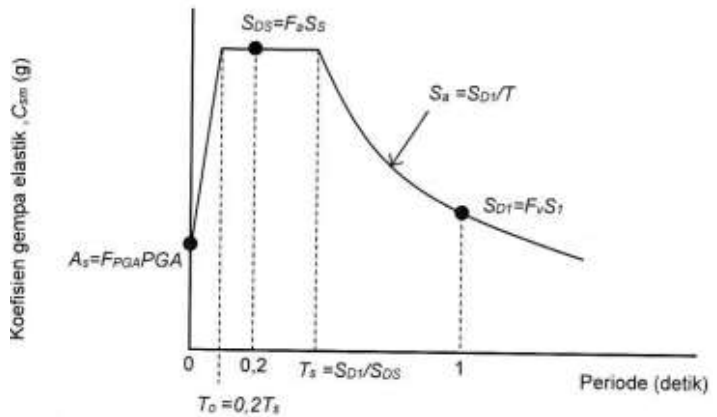
**Tabel 2. 14 Koefisien Situs,  $F_v$**

Kelas Situs	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

Sumber SNI 2833:2016 Tabel 4

### Perhitungan Nilai Spektrum Rencana

Nilai spektrum rencana diatur dalam SNI 2833:2016 pasal 5.4.1 dan 5.3.2 dalam respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



**Gambar 2. 8 Bentuk Tipikal Respons Spektra di Permukaan Tanah**

Sumber: SNI 2833:2016 Gambar 4

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (8)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (9)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (10)$$



Keterangan:

$S_{DS}$  : nilai spektra permukaan pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik)

$S_{D1}$  : nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

### Koefisien Respon Gempa Elastik

Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , koefisien gempa elastic ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan berikut (SNI 2833:2016 persamaan 11):

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (11)$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_S$ , respons spectra percepatan,  $C_{sm}$  adalah sama dengan  $SDS$ .

Untuk periode lebih besar dari  $T_S$ , koefisien respons gempa elastic ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan berikut (SNI 2833:2016 persamaan 12):

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \quad (12)$$

Dimana:

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (13)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (14)$$

Dari perencanaan perhitungan di atas akan didapatkan nilai spectrum respons yang nantinya akan diinput melalui program bantu SAP 2000 v.14 untuk perencanaan beban gempa.

### 2.3.5 Beban *Settlement*

Perhitungan penurunan elastis pondasi tiang pancang tunggal didasarkan pada metode semi empiris, maka dapat dihitung dengan persamaan sederhana berikut ini:

$$S = S1 + S2 + S3 \quad (15)$$

Dimana:

$S$  = Penurunan elastis total pondasi tiang tunggal

$S1$  = Penurunan akibat deformasi aksial tunggal

$S2$  = Penurunan dari ujung tiang

$S3$  = Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

Dimana ketiga komponen ini ( $S1$ ;  $S2$  dan  $S3$ ) diperhitungkan secara terpisah lalu kemudian dijumlahkan.

#### ❖ Deformasi Aksial ( $S1$ )

$$S1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (16)$$

Dimana:

$Q_{wp}$  = Beban yang didukung ujung tiang (ton)

$Q_{ws}$  = Beban yang didukung selimut tiang (ton)

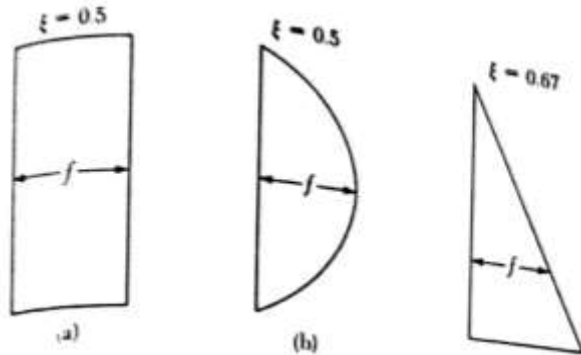
$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ )

$L$  = Panjang tiang (m)

$E_p$  = Modulus elastisitas tiang ( $ton/m^2$ )

$\xi$  = Koefisien gesekan selimut sepanjang tiang

(vesic, 1977 menyarankan antara 0.33 sampai 0.67)



**Gambar 2. 9 Variasi Koefisien Gesekan Selimut Sepanjang Tiang**

❖ **Penurunan Ujung (S2)**

$$S2 = \frac{Q_{wp} C_p}{D \cdot q_p} \quad (17)$$

Dimana:

$Q_{wp}$  = Beban yang didukung ujung tiang (ton)

$C_p$  = Koefisien empiris yang lebih ditentukan oleh jenis tanah

**Tabel 2. 15 Tipikal Koefisien Empiris yang Lebih Ditentukan oleh Jenis Tanah**

Soil Type	Driven Piles	Bored Piles
Sand (dense to loose)	0.02–0.04	0.09–0.18
Clay (stiff to soft)	0.02–0.03	0.03–0.06
Silt (dense to loose)	0.03–0.05	0.09–0.12

$D$  = Diameter tiang pancang (m)

$q_p$  = Tahanan ujung tiang (ton/m<sup>2</sup>)

### ❖ Penurunan Pengalihan Beban (S3)

$$S3 = \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \quad (18)$$

Dimana:

$Q_{ws}$  = Beban yang didukung selimut tiang (ton)

$q_p$  = Tahanan ujung tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$C_s$  = Faktor pengaruh yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$C_s = 0.93 + 0.16 \left( \sqrt{\frac{L}{D}} \right) C_p$$

### 2.3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diatur dalam SNI 1725-2016 tabel 1

**Tabel 2. 16 Kombinasi Beban dan Faktor Beban**

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW <sub>u</sub>	EW <sub>L</sub>	BF	EU <sub>u</sub>	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	$\gamma_D$	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat II	$\gamma_D$	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat III	$\gamma_D$	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat IV	$\gamma_D$	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	$\gamma_D$	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Ekstrem I	$\gamma_D$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	$\gamma_D$	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya Jarak I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Daya Jarak II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Jarak III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TD}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Daya Jarak IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : -  $\gamma_D$  dapat berupa  $\gamma_{DE}$  /  $\gamma_{DR}$  /  $\gamma_{DM}$  /  $\gamma_{DS}$  tergantung beban yang ditinjau

-  $\gamma_{EQ}$  adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Sumber: SNI 1725-2016 Tabel 1

Dimana:

- Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan factor beban yang sesuai.
- Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
- Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
- Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup EQ yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
- EkstremII : Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan,

- banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal
- Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton 39 bertulang; dan juga untuk analisis tegangan Tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.
- Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.
- Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
- Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom

beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Fatig : Kombinasi beban fatig dan fraktur sehubungan dengan umur fatig akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y.
- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka kombinasi gaya gempa menjadi sebagai berikut :

$$1. \quad DL + YEQ_{LL} \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y \quad (19)$$

$$2. \quad DL + YEQ_{LL} \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x \quad (20)$$

Dimana,

$DL$  adalah beban mati yang bekerja (kN)

$Y_{EQ}$  adalah faktor beban hidup kondisi gempa

$Y_{EQ} = 0,5$  (jembatan sangat penting)

$Y_{EQ} = 0,3$  (jembatan penting)

$Y_{EQ} = 0$  (jembatan lainnya)

$LL$  adalah beban hidup yang bekerja (kN)

$EQ_x$  adalah beban gempa yang bekerja pada arah x

$EQ_y$  adalah beban gempa yang bekerja pada arah y

## 2.4 Persyaratan P-Δ

Perpindahan lateral kolom atau pilar baik dalam arah longitudinal atau melintang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\Delta Pu < 0,25 \varnothing Mn \quad (21)$$

Dimana,

$$\Delta = R_d \cdot \Delta_e \quad (22)$$

Bila  $T < 1,25 T_s$

$$R_d = \left(1 - \frac{1}{R}\right) \cdot \frac{1,25T_s}{T} + \frac{1}{R} \quad (23)$$

Bila  $T \geq T_s$ , maka :

$$R_d = 1 \quad (24)$$

Keterangan,

$\Delta$  adalah perpindahan titik kolom atau pilar relatif terhadap dasar fondasi (m)

$\Delta_e$  adalah perpindahan berdasarkan analisis gempa elastis (m)

$T$  adalah periode moda getar fundamental (detik)

$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{db}}$  (detik)

$R$  adalah faktor modifikasi respons sesuai tabel 6

$P_u$  adalah beban aksial terfaktor pada kolom atau pilar (kN)

$\emptyset$  adalah faktor reduksi lentur pada kolom

$M_n$  adalah kuat lentur nominal kolom atau pilar (kN.m)

## 2.5 Sifat dan Karakteristik Material Beton

### 2.5.1 Kuat Tekan

Sesuai dalam SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.1.1 menentukan bahwa dalam segala hal, beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan. Dalam hal komponen struktur beton prategang, sehubungan dengan pengaruh gaya prategang pada tegangan dan regangan beton, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka panjang,



maka kuat tekan beton disyaratkan untuk tidak lebih rendah dari 30 MPa.

### 2.5.2 Kuat Tarik

Kuat tarik langsung dari beton,  $f_{ct}$ , bisa diambil dari ketentuan:

- $0,33 \sqrt{f_c'}$  MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar; atau
- Dihitung secara probabilitas statistik dari hasil pengujian.

### 2.5.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur beton,  $f_{cf}$ , bisa diambil sebesar:

- $0,6 \sqrt{f_c'}$  MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar; atau
- Dihitung secara probabilitas statistik dari hasil pengujian.

### 2.5.4 Tegangan Ijin

- **Tegangan ijin tekan pada kondisi batas layan**  
Tegangan tekan dalam penampang beton, akibat semua kombinasi beban tetap pada kondisi batas layan lentur dan/atau aksial tekan, tidak boleh melampaui nilai  $0,45 f_c'$ , di mana  $f_c'$  adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari, dinyatakan dalam satuan MPa.
- **Tegangan ijin tekan pada kondisi beban sementara**  
Untuk kondisi beban sementara, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai  $0,60 f_{ci}'$ , di mana  $f_{ci}'$  adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dibebani dinyatakan dalam satuan MPa.

- **Tegangan ijin tarik pada kondisi batas layan**

Tegangan tarik yang diijinkan terjadi pada penampang beton, boleh diambil untuk:

- Beton tanpa tulangan  $= 0,15 \sqrt{f_c'}$
- Beton prategang penuh  $= 0,5 \sqrt{f_c'}$

### 2.5.5 Massa Jenis

Massa jenis beton,  $w_c$ , ditentukan dari nilai-nilai:

- Untuk beton dengan berat normal, diambil tidak kurang dari  $2400 \text{ kg/m}^3$ ; atau
- Ditentukan dari hasil pengujian.

### 2.5.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton,  $E_c$ , nilainya tergantung pada mutu beton, yang terutama dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton. Namun untuk analisis perencanaan struktur beton yang menggunakan beton normal dengan kuat tekan yang tidak melampaui 60 MPa, atau beton ringan dengan berat jenis yang tidak kurang dari  $2000 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan yang tidak melampaui 40 MPa, nilai  $E_c$  bisa diambil sebagai:

- $E_c = W_c^{1,5} (0,043 \sqrt{f_c'})$ , dengan pertimbangan bahwa kenyataan harga ini bisa bervariasi  $\pm 20\%$ .  $w_c$  menyatakan berat jenis beton dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ ,  $f_c'$  menyatakan kuat tekan beton dalam satuan MPa, dan  $E_c$  dinyatakan dalam satuan MPa. Untuk beton normal dengan massa jenis sekitar  $2400 \text{ kg/m}^3$ ,  $E_c$  boleh diambil sebesar  $4700 \sqrt{f_c'}$ , dinyatakan dalam MPa; atau
- Ditentukan dari hasil pengujian.

### 2.5.7 Angka Poison

Angka poison untuk beton,  $\nu$ , bisa diambil sebesar:

- 0,2 atau
- Ditentukan dari hasil pengujian

## 2.6 Sifat dan Karakteristik Material Baja Tulangan

### 2.6.1 Baja Tulangan non-Prategang

- **Kuat tarik putus**  
Ditentukan dari hasil pengujian
- **Kuat tarik leleh**  
Kuat tarik leleh,  $f_y$ , ditentukan dari hasil pengujian, tetapi perencanaan tulangan tidak boleh didasarkan pada kuat leleh  $f_y$  yang melebihi 550 MPa, kecuali untuk tendon prategang.
- **Modulus elastisitas**  
Modulus elastisitas baja tulangan,  $E_s$ , untuk semua harga tegangan yang tidak lebih besar dari kuat leleh  $f_y$ , bisa diambil sebesar:
  - Diambil sama dengan 200.000 MPa; atau
  - Ditentukan dari hasil pengujian.

### 2.7 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan diambil dari nilai-nilai berikut:

- Lentur .....0,80
- Geser dan Torsi .....0,70
- Aksial tekan  
dengan tulangan spiral .....0,70  
dengan sengkang bisaa .....0,65
- Tumpuan beton .....0,70

### 2.8 Persyaratan Selimut Beton

Tebal selimut beton untuk tulangan dan tendon harus diambil nilai tebal selimut beton yang terbesar sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan untuk keperluan pengecoran dan untuk perlindungan terhadap karat.

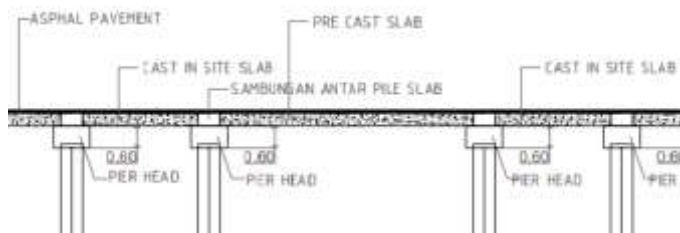
Tebal selimut beton untuk keperluan pengecoran tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar dari ketentuan berikut :

- a) 1,5 kali ukuran agregat terbesar.

- b) Setebal diameter tulangan yang dilindungi atau 2 kali diameter tulangan terbesar bila dipakai berkas tulangan.
- c) Tebal selimut bersih untuk tendon dengan sistem pra tarik harus minimum 2 kali diameter tendon, namun tidak harus lebih besar dari 40 mm. Jika tendon dikelompokkan, terutama pada bidang horisontal, tebal selimut beton harus dipertebal untuk keperluan pengecoran dan pemadatan.
- d) Tebal selimut beton untuk selongsong sistem pasca tarik harus diambil minimum 50 mm dari permukaan selongsong ke bagian bawah komponen dan 40 mm pada bagian lain.
- e) Persyaratan tebal selimut beton minimum untuk tendon eksternal sama dengan untuk tendon yang ditanam dalam komponen beton.
- f) Selimut beton harus dipertebal bila tendon dikelompokkan dalam bidang horisontal atau bila digunakan selongsong dalam beton.
- g) Tebal selimut beton minimum untuk ujung tendon pasca tarik atau perlengkapan angkur harus diambil 50 mm.

## 2.9 Dasar Perencanaan Komponen Utama

### 2.9.1 Dasar Perencanaan Pelat Lantai



*Gambar 2. 10 Perencanaan Pelat Lantai*

Dalam merencanakan pelat lantai beton mengacu pada SNI T-12-2004 “Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan” dan SNI 1725-2016 untuk perencanaan pembebanan pada pelat lantai.

### 2.9.1.1 Tebal Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$ , yang memenuhi dua ketentuan (SNI T-12-2004 pasal 5.5.2)

$$t_s \geq 200 \text{ mm} \quad (25)$$

$$t_s \geq (100 + 40L) \text{ mm} \quad (26)$$

Dimana,

$t_s$  = tebal pelat rencana

$L$  = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)

### 2.9.1.2 Rasio Penulangan Pelat Lantai

Rasio penulangan pelat lantai beton diatur pada SNI T-12-2004 pasal 2.4

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (27)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (28)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \quad (29)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad (30)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} \quad (31)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right] \quad (32)$$

Keterangan:

- Rn = besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur  
 $\rho_{\min}$  = rasio tulangan minimum  
 $\rho_{\max}$  = rasio tulangan maksimum  
 $\rho$  = rasio tulangan perlu

### 2.9.1.3 Penulangan Pelat Lantai

Tulangan minimum harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama sebagai berikut (SNI T-12-2004 pasal 5.5):

Pelat lantai yang ditumpu kolom:

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,25}{f_y} \quad (33)$$

Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding:

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,0}{f_y} \quad (34)$$

Keterangan:

- $A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang ( $\text{mm}^2$ )  
 $b$  = lebar muka tekan komponen struktur (mm)  
 $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik non-prategang (mm)  
 $f_y$  = kuat leleh baja (Mpa)

### 2.9.1.4 Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai (Tulangan Susut)

Tulangan harus dipasang pada bagian bawah dengan arah menyilang terhadap tulangan pokok, kecuali bila analisis yang lebih teliti dilaksanakan, jumlah tulangan

diambil sebagai presentasi dari tulangan pokok yang diperlukan untuk momen positif sebagai berikut (SNI T-12-2004 pasal 5.5.4):

Tulangan pokok searah lalu lintas

$$\text{Presentase} = \frac{55}{\sqrt{l}} \text{ (maksimal 50\%, minimal 30\%)}$$

Tulangan pokok tegak lurus lalu lintas

$$\text{Presentase} = \frac{100}{\sqrt{l}} \text{ (maksimal 50\%, minimal 30\%)}$$

Dengan adanya tulangan pokok yang tegak lurus arah lalu lintas, jumlah penyebaran tulangan dalam seperempat bentang bagian luar dapat dikurangi dengan maksimum 50%.

### 2.9.1.5 Kontrol Kekuatan Penampang

Kemampuan penampang harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$M_n \text{ aktual} \geq \phi M_n \quad (35)$$

Dimana:

$$M_{n \text{ aktual}} = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (36)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' b w} \quad (37)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (38)$$

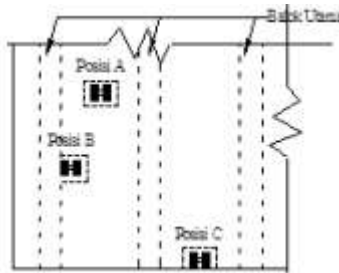
Keterangan:

$M_n \text{ aktual}$  = Momen aktual yang terjadi (kNm)

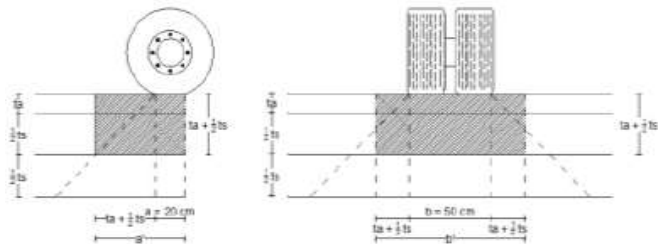
$M_n$  = Momen nominal (kNm)

### 2.9.1.6 Kontrol Geser Pons

Kontrol geser pons berkaitan dengan penentuan tebal pelat lantai kendaraan. Perencanaan pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum. Analisis dimensi yang digunakan pelat pada bentang tepi dan bentang tengah adalah sama karena jarak bentang pelat antara pusat tumpuan sama. Dalam menentukan tebal pelat yang dipakai maka dilakukan kontrol terhadap geser pons akibat pembebanan roda pada posisi yang berbeda (seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut)



**Gambar 2. 11 Analisa Posis Roda Kendaraan**



**Gambar 2. 12 Penyebaran Beban Akibat Roda Kendaraan**

Kuat geser yang diterima pelat (V)

$$V = K_{TT}^U \times 100 \times x(1 + 0,3) \quad (39)$$



Luas bidang kritis geser pons ( $A_k$ )

$$A_k = 2 \times (a' + b') \times t_s \quad (40)$$

Kemampuan geser pelat

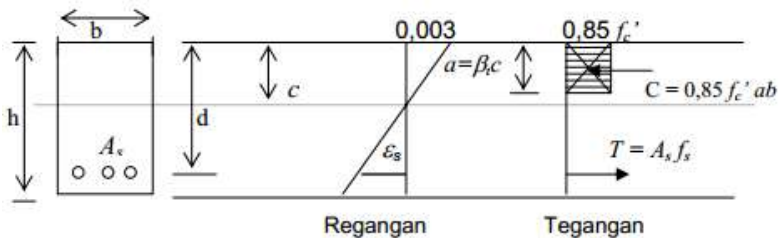
$$A_k \times \text{tegangan geser beton} \quad (41)$$

## 2.9.2 Dasar Perencanaan Balok Pierhead

Kekuatan lentur dari balok beton bertulang sebagai komponen struktur jembatan harus direncanakan dengan menggunakan cara ultimit atau cara Perencanaan berdasarkan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT) sesuai SNI T12-2004 pasal 5.1.1. Walaupun demikian, untuk perencanaan komponen struktur jembatan yang mengutamakan suatu pembatasan tegangan kerja, atau ada keterkaitan dengan aspek lain yang sesuai batasan perilaku deformasinya, atau sebagai cara perhitungan alternatif, bisa digunakan cara Perencanaan berdasarkan Batas Layan (PBL).

### 2.9.2.1 Asumsi Perencanaan

Hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekuivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton =  $0,85 f_c'$  terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari tepi tertekan terluar tersebut. Jarak  $c$  dari tepi dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus sumbu tersebut.



**Gambar 2. 13 Regangan dan Tegangan pada Penampang Beton Bertulang**

SNI T-12-2004 Gambar 5.1-1

Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar:

$\beta_1 = 0,85$  untuk  $f'_c < 30$  MPa

$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$  untuk  $f'_c > 30$  MPa

tetapi  $\beta_1$  pada persamaan tersebut tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

### 2.9.2.2 Kekuatan Minimum

Kekuatan nominal dalam lentur pada penampang kritis beton harus diambil tidak lebih kecil dari  $1,2 M_{cr}$  (momen retak), yang dipenuhi oleh suatu persyaratan tulangan tarik minimum sebagaimana berikut sesuai SNI-T-12-2004 pasal 5.1.15:

- a) Pada setiap penampang dari suatu komponen struktur lentur, bila berdasarkan analisis diperlukan tulangan tarik, maka luas  $A_s$  yang ada tidak boleh kurang dari:

$$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \quad (42)$$

Atau tidak lebih kecil dari:

$$A_{s,min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d \quad (43)$$

- b) Pada balok T sederhana dengan bagian sayap tertarik,  $A_s$  min tidak boleh kurang dari nilai terkecil diantara:

$$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{2 f_y} b_w d \quad (44)$$

Dan

$$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{4 f_y} b_f d \quad (45)$$

Dengan pengertian:

$b_f$  = adalah lebar bagian sayap penampang

- c) Sebagai alternatif, untuk komponen struktur yang besar dan masif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

### 2.9.2.3 Syarat Tulangan Maksimum

Sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.1.1.6 untuk komponen struktur lentur, dan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan dimana kuat tekan rencana  $\rho P_n$  kurang dari nilai yang terkecil antara  $0,1f'c'Ag$  dan  $\rho Pb$ , maka rasio tulangan  $\rho$  tidak boleh melampaui 0,75 dari rasio  $\rho b$  yang menghasilkan kondisi regangan batas berimbang untuk penampang. Untuk komponen struktur beton dengan tulangan tekan, bagian  $\rho b$  untuk tulangan tekan tidak perlu direduksi dengan faktor 0,75.

#### 2.9.2.4 Jarak Tulangan

Sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.1.1.7 untuk jarak tulangan harus cukup memadai untuk penempatan penggetar dan memungkinkan ukuran terbesar dari agregat kasar dapat bergerak saat digetarkan. Jarak bersih minimum antara tulangan sejajar, seikat tulangan dan sejenisnya tidak boleh kurang dari:

- a) 1,5 kali ukuran nominal maksimum agregat; atau
- b) 1,5 kali diameter tulangan; atau
- c) 40 mm Jarak bersih antara tulangan yang sejajar dalam lapisan tidak boleh kurang dari 1,5 kali diameter tulangan atau 1,5 kali diameter seikat tulangan.

#### 2.9.2.5 Detail Tulangan Lentur

Detail tulangan lentur mulai dari penyebaran, pengangkur sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.1.1.8 sebagai berikut:

##### a) Penyebaran

Tulangan tarik harus disebarkan dengan merata pada daerah tegangan tarik beton maksimum, termasuk bagian sayap balok T, balok L dan balok I pada tumpuan.

##### b) Pengangkur – umum

Bagian ujung dan pengangkur dari tulangan lentur harus didasarkan pada momen lentur hipotetis yang dibentuk oleh pemindahan secara merata dari momen lentur positif dan negatif, sejarak  $h$  pada balok terhadap tiap sisi potongan momen maksimum yang relevan. Tidak kurang dari sepertiga tulangan tarik akibat momen negatif total yang diperlukan pada tumpuan harus diperpanjang sejarak  $h$  melewati titik balik lentur.

##### c) Pengangkur dari tulangan positif harus memenuhi :

Pada perletakan sederhana, tulangan angkur harus dapat menyalurkan gaya Tarik sebesar  $1,5 V_u$  pada bagian muka perletakan.

- 1) Bila tulangan tarik diperlukan pada tengah bentang, tidak boleh kurang dari setengahnya harus diperpanjang sejarak  $12 d_b$  melalui muka perletakan, atau sepertiganya harus diperpanjang  $8 d_b$  ditambah  $h/2$  melalui muka perletakan.
  - 2) Pada balok menerus atau terkekang secara lentur, tidak kurang dari seperempat dari tulangan positif total yang diperlukan di tengah bentang harus diperpanjang/ diteruskan melalui permukaan dekat perletakan.
- d) Tulangan lentur tidak boleh dihentikan di daerah tarik kecuali bila salah satu ketentuan berikut dipenuhi:
- 1) untuk batang D36 dan yang lebih kecil, dimana tulangan menerus memberikan luas dua kali dari luas tulangan lentur yang diperlukan pada titik pemutusan tulangan dan geser terfaktornya tidak melampaui tiga perempat dari kuat geser rencana,  $\Phi V_n$ .
  - 2) gaya geser terfaktor pada titik pemutusan tulangan tidak melebihi dua pertiga dari kuat geser rencana  $\Phi V_n$ .
  - 3) pada setiap pemutusan batang tulangan atau kawat, disediakan suatu luas sengkang tambahan disamping sengkang yang diperlukan untuk menahan geser dan puntir, sepanjang tiga perempat tinggi efektif komponen struktur diukur dari titik penghentian tulangan. Luas sengkang tambahan  $A_v$  tidak boleh kurang dari  $0,4b_w s/f_y$ . Spasi  $s$  tidak boleh lebih dari  $d/8\rho_b$ , dimana  $\rho_b$  adalah rasio dari luas

tulangan yang diputus terhadap luas tulangan tarik total pada penampang tersebut.

#### **2.9.2.6 Perencanaan Kekuatan Balok Terhadap Geser**

Kekuatan balok struktur harus dihitung berdasarkan PBKT sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada persamaan sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.1(5.2-1):

$$V_u \leq \phi V_n \quad (46)$$

Dimana  $V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau, dan  $V_n$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari persamaan sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.1 (5.2-2) :

$$V_n = V_c + V_s \quad (47)$$

Dimana:

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser.

#### **2.9.2.7 Gaya Geser Maksimum Dekat Tumpuan**

Sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.3 Geser geser terfaktor maksimum  $V_u$  dekat tumpuan harus diambil sebagai gaya geser pada:

- a) Jarak  $d$  dari muka tumpuan, atau
- b) Muka tumpuan, jika mungkin terjadi retak diagonal dalam daerah tumpuan.

### 2.9.2.8 Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Beton

Nilai  $V_c$  :

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, berlaku sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.4 pont a-2:

$$V_c = \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b_w d \quad (48)$$

### 2.9.2.9 Syarat-syarat Tulangan Geser

Syarat tulangan geser sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.5, sebagai berikut:

- Apabila  $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$  , harus dipasang tulangan minimum.
- Tulangan geser minimum ini dapat tidak dipasang untuk balok di mana kebutuhan kekuatan geser terfaktor  $V_u < 0,5\phi V_c$ , atau bila  $V_u < \phi V_c$  dan tinggi total balok tidak melampaui nilai terbesar dari 250 mm, 2,5 kali tebal sayap atau setengah lebar bagian badan.
- Apabila  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus dipasang sesuai dengan perencanaan tulangan geser.

### 2.9.2.10 Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Tulangan Geser

Apabila gaya geser harus ditahan oleh tulangan geser, maka batas spasi maksimum  $S_{\max}$  dan luas tulangan geser  $A_v$ , dapat dihitung berdasarkan SNI T12-2004 pasal 5.2.6 sebagai berikut:

- Untuk tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur, maka:

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \quad (49)$$

- Spasi maksimum

- $S_{max} = d/2$  ; atau 600 mm (ambil nilai yang terkecil) bila  $V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$
- $S_{max} = d/4$  ; atau 300 mm (ambil nilai yang terkecil) bila  $V_s > \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

#### 2.9.2.11 Tulangan Geser Minimum

Luas minimum dari tulangan geser dihitung dari persamaan SNI T-12-2004 pasal 5.2.7:

$$A_{v(min)} = \frac{1}{3} \frac{b_w s}{f_y} \quad (50)$$

Nilai  $b_w$  dan  $s$  dinyatakan dalam millimeter.

#### 2.9.2.12 Detail Tulangan Geser

Jenis tulangan geser sesuai SNI-T-12-2004 pasal 5.2.10.1 yaitu tulangan geser dapat terdiri dari Senggang segi empat yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur. Jaringan kawat baja las dengan kawat-kawat yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur. Tulangan bengkok keatas tidak diizinkan kerana kesulitan dalam pengangkutan dan kemungkinan terjadi splitting beton pada bidang yang dibengkokkan.

#### 2.9.2.13 Jarak Antar Tulangan

Sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.2.10.2 atas jarak antar tulangan yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi  $d/2$  atau 600 mm.

#### 2.9.2.14 Perencanaan Kekuatan Balok Terhadap Geser dan Puntir

Metode perencanaan sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.4.2 yaitu harus didasarkan pada cara PBKT.



### 2.9.2.15 Kekuatan Puntir Balok

Kekuatan punter balok harus direncanakan berdasarkan pasal 5.4.4 SNI T-12-2004 sebagai berikut:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (51)$$

Di mana puntir nominal  $T_n$  bisa dihitung sebagai penjumlahan dari puntir nominal yang disumbangkan oleh beton  $T_c$  dan puntir nominal yang disumbangkan oleh tulangan  $T_s$ , yang bisa dihitung sesuai SNI T-12-2004 pasal 5.4.5.

### 2.9.2.16 Syarat Tulangan Puntir

Pada SNI T-12-2004 pasal 5.4.5 adalah sebagai berikut:

a) Tulangan punter tidak diperlukan apabila:

$$\frac{T_u}{\phi T_c} < 0,25 \quad \text{atau} \quad (52)$$

$$\frac{T_u}{\phi T_c} + \frac{V_u}{\phi V_c} < 0,50 \quad \text{atau} \quad (53)$$

Untuk balok dengan tinggi total tidak melampaui 250 mm atau setengah dari lebar badan, dan

$$\frac{T_u}{\phi T_c} + \frac{V_u}{\phi V_c} \leq 1 \quad (54)$$

b) Apabila persyaratan di atas tidak dipenuhi, tulangan puntir yang terdiri dari Sengkang tertutup melintang dan tulangan memanjang harus dipasang sedemikian sehingga ketidaksamaan berikut dipenuhi:

$$\frac{T_u}{\phi T_n} + \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1 \quad (55)$$

- c) Kuat nominal puntir  $T_n$  bisa dihitung dengan anggapan seluruh sengkang tertutup dipasang sedemikian rupa sehingga :

$$T_n = T_c + T_s \quad (56)$$

dimana

$$T_c = J_t (0,3 f'_c) \sqrt{1 + \frac{10 f_{pe}}{f'_c}} \quad (57)$$

$$T_s = f_y \left( \frac{A_{sw}}{S} \right) 2 A_{ct} \cot \theta_t \quad (58)$$

### 2.9.2.17 Tulangan Puntir Memanjang

Tulangan puntir memanjang harus dipasang untuk memikul gaya tarik rencana  $P_t$  yang diambil sebagai tambahan pada gaya tarik rencana akibat lentur, yang dibedakan pada daerah tarik terlentur dan dalam daerah tekan terlentur.

### 2.9.2.18 Tulangan Puntir Minimum

Apabila tulangan punter dibutuhkan, kedua harga tulangan minimum berikut harus dipasang:

Untuk Sengkang tertutup sedemikian hingga:

$$\frac{A_{sw}}{S} \geq 0,2 \frac{y_1}{f_{yf}} \quad (59)$$

Dimana  $y_1$  adalah dimensi terbesar dari Sengkang tertutup.

Untuk tulangan memanjang sebagai tambahan seperti yang diperlukan untuk lentur sedemikian hingga:

$$A_s \geq 0,2 \frac{y_1 u_t}{f_y} \quad (60)$$

### 2.9.2.19 Detail Tulangan Puntir

Detail tulangan puntir harus memenuhi ketentuan:

- Harus terdiri dari sengkang tertutup dan sengkang memanjang.
- Sengkang tertutup harus menerus sekeliling semua tepi penampang melintang dan diangkur, kecuali dalam analisis yang lebih teliti menunjukkan bahwa sengkang dengan pengankuran penuh tidak dibutuhkan.
- Tulangan memanjang harus ditempatkan sedekat mungkin ke sudut penampang melintang, dan sekurang-kurangnya satu tulangan memanjang harus dipasang pada masing-masing sudut sengkang tertutup.

## 2.9.3 Dasar Perencanaan Pondasi Tiang

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi Pancang. Data tanah yang digunakan adalah data hasil uji SPT. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

### 2.9.3.1 Konsanta Pegas (*Spring Constant*)

Nilai spring konstan pada arah mendatar atau lateral yang diinput pada SAP2000 untuk permodelan pondasi diperhitungkan berdasarkan data borlog N-SPT dan korelasi hasil uji sondir.

Rumus spring konstan lateral

Nilai spring konstan dalam satuan  $t/m^3$

$$k = k_0 \cdot y^{-1/2} \quad (61)$$

nilai k dengan pergeseran 1 cm

$$k = 0.2 \times E_o \times D^{-0.75} \times y^{-0.5} \quad (62)$$

$$E_o = 28 \text{ N-spt} \quad (63)$$

D = diameter tiang

Nilai spring konstan dalam satuan t/m pada input permodelan

$$k_x = k_y = k.D.dz \quad (64)$$

dz = pembagian spring konstan pada permodelan pondasi

### 2.9.3.2 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

#### A. Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang Pancang (Rf)

$$R_f = U_p \times \Sigma (l_i \times f_i) \quad (65)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

$U_p$  = Keliling tiang (m)

$l_i$  = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

$f_i$  = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m<sup>2</sup>)

#### B. Daya Dukung pada Ujung Tiang Pancang

$$R_t = q_d \times A \quad (66)$$

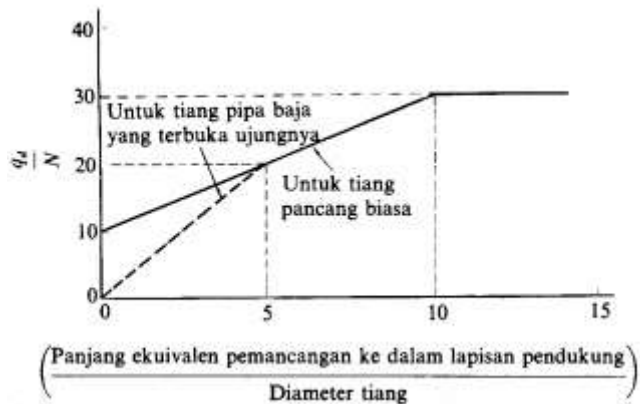
(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

$q_d$  = daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m<sup>2</sup>)

Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat  $q_d$  diperoleh dari hubungan Antara  $L/D$  dan  $q_d/N$  pada gambar berikut:



**Gambar 2. 14 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang**

Sumber Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono  
(Mekanika Teknik & Teknik Pondasi - 1990, judul asli :  
Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Gambar 6.7 hal 101

$L$  adalah panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung,  $N$  adalah harga rata-rata  $N$  pada ujung tiang.

$$N = (N_1 + N_2)/2 \quad (67)$$

Dimana:

$N_1$  = Harga  $N$  pada ujung tiang

$N_2$  = Harga rata-rata  $N$  pada jarak  $4D$  pada ujung tiang

C. Daya Dukung Ultimate Tiang ( $R_u$ )

$$R_u = R_f + R_t \quad (68)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

#### D. Daya Dukung Ijin Tiang ( $R_a$ )

$$R_a = 1/SF \times (R_u - W_p) \quad (69)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.5- 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

SF = faktor keamanan, 3 untuk tiang pendukung  
(standar jembatan di Jepang)

$W_p$  = Berat per titik tiang (ton/tiang)

$$R_a(s) = R_a \times 150\% \quad (70)$$

Keterangan:

Karena tanah keras, maka dinaikkan 50% (**PPIUG 1983 pasal 1.2(2) Tabel 1.1**)

### 2.9.3.3 Kontrol Deformasi

Deformasi ijin pergoyangan pondasi tiang pancang di tinjau dari deformasi pada permukaan tanah dan deformasi diatas permukaan tanah.

#### ❖ Deformasi Ijin pada Permukaan Tanah

Deformasi ijin pada permukaan tanah adalah sebesar 1 inc atau sama dengan 2,54 cm (sanglerat 1972)

#### ❖ Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah

Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1. Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV sesuai tabel berikut:

**Tabel 2. 17 Simpangan Antar Lantai Ijin**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{xx}$ <sup>c</sup>	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$

<sup>a</sup>  $h_{xx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$ .

Sumber: SNI 1726:2012 tabel 16

## 2.10 Dasar Perencanaan Komponen Pendukung

Komponen struktur pendukung yang digunakan pada desain struktur piled slab ini adalah bresing material baja yang diklem pada tiang pancang. Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada tabel berikut:

**Tabel 2. 18 Sifat Mekanis Baja Struktural**

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: SNI 03-1729-2002 tabel 5.3

Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

Modulus elastisitas :  $E$  = 200.000 MPa  
 Modulus geser :  $G$  = 80.000 MPa  
 Angka poisson :  $\mu$  = 0,3

### 2.10.1 Batas-batas lendutan

Batas lendutan maksimum diberikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2. 19 Batas Lendutan Maksimum**

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	$L/360$	-
Balok biasa	$L/240$	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde kedua	$h/300$	$h/200$

Sumber : SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1

Dimana: L adalah panjang bentang, h adalah tinggi tingkat, beban tetap adalah beban mati dan beban hidup, beban sementara meliputi beban gempa atau beban angin.

### 2.10.2 Faktor reduksi untuk keadaan kekuatan batas

**Tabel 2. 20 Faktor Reduksi ( $\phi$ ) untuk Keadaan Kekuatan Batas**

Kuat rencana untuk	Butir	Faktor reduksi
Komponen struktur yang memikul lentur:		
• balok	8.1, 8.2 & 8.3	0,90
• balok pelat berdinding penuh	8.4	0,90
• pelat badan yang memikul geser	8.8 & 8.9	0,90
• pelat badan pada tumpuan	8.10	0,90
• pengaku	8.11, 8.12, & 8.13	0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial:		
• kuat penampang	9.1 & 9.2	0,85
• kuat komponen struktur	9.1 & 9.3	0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial:		
• terhadap kuat tarik leleh	10.1 & 10.2	0,90
• terhadap kuat tarik fraktur	10.1 & 10.2	0,75
Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi:		
• kuat lentur atau geser	11.3 & 11.4	0,90
• kuat tarik	11.3 & 11.4	0,90
• kuat tekan	11.3 & 11.4	0,85



Komponen struktur komposit:		
• kuat tekan	12.3	0,85
• kuat tumpu beton	12.3.4	0,60
• kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik	12.4.2.1 & 12.4.2.3	0,85
• kuat lentur dengan distribusi tegangan elastik	12.4.2.1 & 12.4.3	0,90
Sambungan baut:		
• baut yang memikul geser	13.2.2.1	0,75
• baut yang memikul tarik	13.2.2.2	0,75
• baut yang memikul kombinasi geser dan tarik	13.2.2.3	0,75
• lapis yang memikul tumpu	13.2.2.4	0,75
Sambungan las:		
• las tumpul penetrasi penuh	13.5.2.7	0,90
• las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	13.5.3.10	0,75
• las pengisi	13.5.4	0,75

Sumber : SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-2

### 2.10.3 Batas Kelangsingan

Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap tekan, angka perbandingan kelangsingan

$$\lambda = L_k / r \text{ dibatasi sebesar 200.}$$





Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap tarik, angka perbandingan kelangsingan  $L/r$  dibatasi sebesar 300 untuk batang sekunder dan 240 untuk batang primer. Ketentuan di atas tidak berlaku untuk batang bulat dalam tarik. Batang-batang yang ditentukan oleh gaya tarik, namun dapat berubah menjadi tekan yang tidak dominan pada kombinasi pembebanan yang lain, tidak perlu memenuhi batas kelangsingan batang tekan.

**Tabel 2. 21 Tabel Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal untuk Elemen Tertekan (  $F_y$  Dinyatakan dalam Mpa, untuk Profil Siku Dan Dobel Siku).**

Sayap bebas dari profil siku kembar yang menyatu pada sayap lainnya, pelat sayap dari komponen struktur kanal dalam aksial tekan, profil siku dan plat yang menyatu dengan balok atau komponen struktur tekan	$b/t$	-	$250 / \sqrt{f_y}$
---	-------	---	--------------------

Sumber: SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1

#### 2.10.4 Faktor Panjang Tekuk

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $k_c$ teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai $k_c$ yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi idil	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung	 Jepit  Sendi  Roll tanpa putaran sudut  Ujung bebas					

**Gambar 2. 15 Nilai  $k$ , untuk Kolom dengan Ujung-ujung yang Ideal**

#### 2.10.5 Batang Tekan

Suatu kompoen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor  $N_u$ , menurut SNI 03-1729-2002, pasal 9.1 haarus memenuhi:

$$N_u < \phi_n N_n \quad (71)$$

Dimana:

$\phi_n$  = factor reduksi kekuatan

$N_u$  = beban terfaktor

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai  $\lambda_r$  pada Tabel xx, daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g f_y / \omega \quad (72)$$

untuk  $\lambda_c \leq 0,25$  maka  $\omega = 1$

untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka  $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

untuk  $\lambda_c \geq 1,2$  maka  $\omega = 1,25\lambda_c^{-2}$

Dimana:

$A_g$  = luas penampang bruto, mm<sup>2</sup>

$F_{cr}$  = tegangan kritis penampang, MPa

$F_y$  = tegangan leleh material. MPa

Kelangsingan pada arah sumbu bahan (sumbu x) dihitung dengan:

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} \quad (73)$$

Kelangsingan pada arah sumbu bebas bahan (sumbu y) dihitung dengan:

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y} \quad (74)$$

Pada arah sumbu bebas bahan harus dihitung kelangsingan ideal  $\lambda_{iy}$ :

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} \quad (75)$$

Sedangkan tegangan kritis untuk daerah elastic, dituliskan sebagai:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (76)$$

### 2.10.6 Batang Tarik

Batang tarik banyak dijumpai dalam banyak struktur baja, batang tarik ini sangat efektif dalam memikul beban. Batang ini dapat terdiri dari profil tunggal ataupun profil-profil tersusun. Contoh penampang batang tarik antara lain profil bulat, pelat, siku, siku ganda, siku bintang, kanal, WF dan lain-lain. Struktur rangka bisaanya menggunakan profil suku tunggal atau dapat pula digunakan dua buah profil siku yang diletakkan saling membelakangi satu sama lain. Jarak diantara dua buah profil siku tersebut harus cukup agar dapat diselipkan sebuah alat (bisaa dinamakan pelat buhul) yang digunakan sebagai tempat penyambungan antar batang. Siku tunggal dan siku ganda mungkin merupakan profil batang tarik yang paling banyak digunakan.

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

- Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan.
- Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan.

c. Geser blok pada sambungan.

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 dinyatakan bahwa semua komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor sebesar  $T_u$ , maka harus memenuhi:

$$T_u \leq \phi \cdot T_n \quad (77)$$

Dimana:

$T_u$  = gaya tarik aksial terfaktor

$T_n$  = tahanan nominal dari penampang

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

#### ❖ Kondisi Leleh

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka tahanan nominal  $T_n$  dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$T_n = A_g \cdot f_y \quad (78)$$

Dimana:

$A_g$  = luas penampang kotor,  $\text{mm}^2$

$F_y$  = kuat leleh material, Mpa

#### ❖ Kondisi Fraktur

Bila kondisi fraktur pada sambungan yang menentukan, maka tahanan nominal  $T_n$  dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$T_n = A_e \cdot f_u \quad (79)$$

Dimana:

$A_e$  = luas penampang efektif =  $U \times A_n$

$A_n$  = luas netto penampang,  $\text{mm}^2$

$U$  = koefisien reduksi

$F_u$  = tegangan tarik putus, Mpa

Dengan  $\phi$  adalah factor tahanan, yang besarnya adalah:

$\phi = 0,9$  untuk kondisi leleh

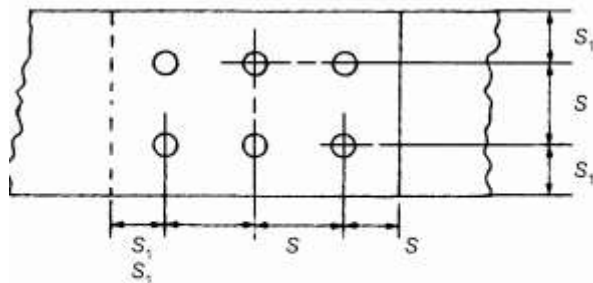
$\phi = 0,75$  untuk kondisi fraktur

Faktor tahanan untuk kondisi fraktur diambil lebih daripada untuk kondisi leleh, sebab kondisi fraktur lebih getas/berbahaya, dan sebaiknya tipe keruntuhan jenis ini dihindari.

### 2.10.7 Sambungan Baut

#### ❖ Tata Letak Baut

Tata letak baut diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 13.4 dengan ketentuan sebagai berikut:



$$3d_b < S < 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

**Gambar 2. 16 Gambar Tata Letak Baut**

Sumber: LRFD gambar 6.1

### ❖ Tipe-tipe Baut

*Tabel 2. 22 Tabel Tipe-tipe Baut*

<b>Tipe Baut</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Proof Stress (Mpa)</b>	<b>Kuat Tarik Min. (Mpa)</b>
A307	6,35 – 10,4		60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

Sumber: LRFD Tabel 6.1

### ❖ Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor  $R_u$ , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (80)$$

### Tahanan Geser Baut

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (81)$$

Dimana:

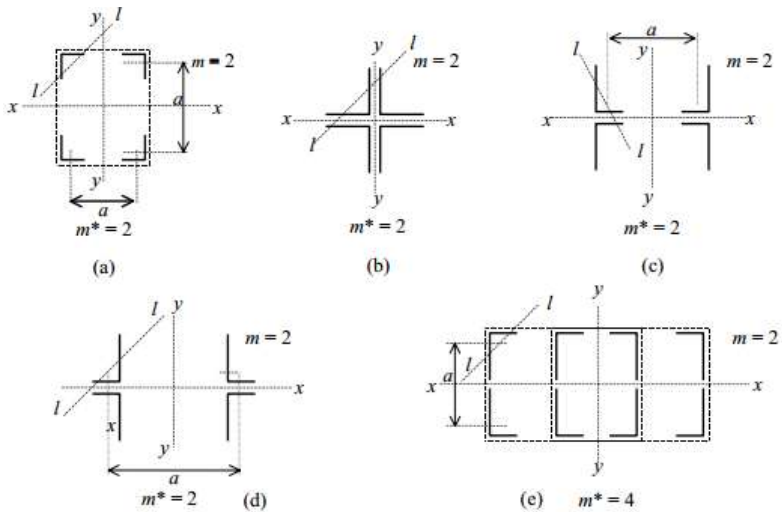
$r_1$  = 0,5 untuk But tanpa ulir pada bidang geser

$r_1$  = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$f_u$  = kuat tarik baut (MPa)

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

$m$  = jumlah bidang geser



**Gambar 2. 17 Jumlah Bidang Geser Berdasarkan Profil Batang**  
Sumber SNI 03-1729-2002 gambar 9.5-1

### Tahanan Tarik Baut

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (82)$$

Dimana:

$f_{ub}$  = kuat tarik baut (MPa)

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

### Tahanan Tumpu Baut

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (83)$$

Dimana:

$d_b$  = diameter baut pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal pelat

$f_u$  = kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat



❖ **Tahanan Pelat Sambung****Kondisi Leleh**

$$\phi T_n = \phi A_g \cdot f_y \quad (84)$$

**Kondisi fraktur**

$$\phi T_n = \phi A_e \cdot f_u \quad (85)$$

Dimana:

$$A_e = U \cdot A_n \quad (86)$$

**Periksa Terhadap Geser Blok**

Tahanan nominal tarik dalam keruntuhan geser blok diberikan oleh persamaan:

1. Geser Leleh – Tarik Fraktur (  $f_u \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$  )

$$T_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u A_{nt} \quad (87)$$

2. Geser Fraktur – Tarik Leleh (  $f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$  )

$$T_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y A_{gt} \quad (88)$$

Dimana:

$A_{gv}$  = luas kotor akibat geser

$A_{gt}$  = luas kotor akibat tarik

$A_{nv}$  = luas netto akibat geser

$A_{nt}$  = luas netto akibat tarik

$f_u$  = kuat tarik

$f_y$  = kuat leleh

**2.11 Dasar Perencanaan Komponen Pelengkap****2.11.1 Penghalang lalu lintas**❖ **Tumbukan Kendaraan dengan Jembatan**

Kecuali jembatan dilindungi dengan pelindung jembatan, semua kepala jembatan dan pilar dengan dalam jarak 9000 mm dari tepi jalan, atau dalam jarak 15000 mm dari sumbu rel. bekerja pada ketinggian 1200 mm diatas permukaan tanah.

### ❖ **Kreteria Pemilihan Kinerja**

Salah satu dari kinerja berikut harus ditentukan untuk perencanaan pengaman lalu lintas yaitu sebagai berikut:

**Kinerja 1** : digunakan pada jalan dengan kecepatan rendah dan volume kendaraan yang sangat rendah, jalan local dengan kecepatan rencana rendah.

**Kinerja 2** : digunakan pada jalan local dan kolektor dengan kondisi baik seperti jumlah kendaraan berat yang sedikit dan rambu kecepatan sedikit.

**Kinerja 3** : digunakan pada jalan arteri dengan kecepatan rencana tinggi dengan campuran kendaraan berat yang sangat rendah dan kondisi jalan yang baik.

**Kinerja 4** : digunakan pada jalan arteri dengan kecepatan rencana tinggi, jalan bebas hambatan, jalan ekspress, dan jalan antar kota dengan campuran truk dan kendaraan berat.

**Kinerja 5** : digunakan sesuai dengan kriteria kinerja 4 dan jika kendaraan berat memiliki porsi besar terhadap lalu lintas harian atau saat kondisi mengharuskan kriteria kinerja railing yang tinggi.

**Kinerja 6** : digunakan pada jalan yang dapat dilalui truk tipe tanker atau kendaraan dengan beban gravitasi yang cukup besar.

Kriteria kinerja yang dipilih harus sesuai dengan berat kendaraan dan kecepatan serta sudut tumbukan sesuai tabel berikut:

**Tabel 2. 23 Kriteria Kinerja Railing dan Kinerja terhadap Tumbukan**

Karakteristik kendaraan	Mobil		Truk pickup	Satu unit truk van	Truk trailer tipe van		Truk trailer tipe traktor-tanker
W (N)	7000	8000	20000	80000	220000	355000	355000
B(mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Sudut tumbuk ( $\theta$ )	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Kriteria kinerja	Kecepatan (km/jam)						
KK-1	50	50	50	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-2	70	70	70	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-3	100	100	100	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-4	100	100	100	80	N/A	N/A	N/A
KK-5	100	100	100	N/A	N/A	80	N/A
KK-6	100	100	100	N/A	N/A	N/A	80

Sumber : SNI 1725:2016 tabel 33

### 2.11.2 Angkur

Desain angkur dibutuhkan untuk meredam gaya horizontal yang terjadi pada slab untuk diteruskan ke pierhead dan ke pondasi.

#### ❖ Hasil Perhitungan Gaya Geser Roda Beban Lalu Lintas Terbesar

**Tabel 2. 24 Kriteria Tingkat Kinerja**

Item Butir	Service Level from Reference 8 Tingkat Pelayanan dari Pustaka 8		
	1	2	3
Vehicle Kendaraan	Car Mobil	Bus Bis	Bus Bis
Vehicle Weight, lb Berat Kendaraan, lb	4,500	20,000	40,000
Vehicle $I_s$ , in-lb-sec <sup>2</sup> (1) Kendaraan $I_s$ , in-lb-det <sup>2</sup>	48,000	800,000	1,900,000
Impact Speed, mph Kecepatan tumbuk, mph	60	60	60
Impact Angle, deg Sudut Tumbuk, derajat	15	15	15

Sumber: BMS Bridge Design Code Vol 2 tabel K1.6

❖ **Menentukan dimensi angkur berdasarkan tegangan tarik**

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \quad (89)$$

Keterangan:

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  = adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

❖ **Menentukan Dimensi Angkur Berdasarkan Tegangan Geser**

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b \quad (90)$$

Keterangan:

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  = adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

❖ **Menentukan Dimensi Angkur Berdasarkan Kombinasi Geser dan Tarik**

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gaya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini:

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (91)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \leq \frac{T_u}{n} \quad (92)$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (93)$$

Keterangan:

$\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  = jumlah baut

$m$  = jumlah bidang geser

Untuk baut mutu tinggi:

$f_1$  = 807 MPa       $f_2$  = 621 MPa

$r_2$  = 1,9 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2$  = 1,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

Untuk baut mutu normal:

$f_1$  = 410 MPa       $f_2$  = 310 MPa

$r_2$  = 1,9

#### ❖ Menentukan Panjang Angkur tanpa Chemical Anchor

$$L = 2 ( 0.02 \times 0,75 \times d_b \times f_y / \sqrt{f_c'} ) \quad (94)$$

$$A_{psf} = T_u / (4 \times 0.75 \times \sqrt{f_c'}) \quad (95)$$

$$L = \sqrt{A_{psf} / \pi} \quad (96)$$

#### ❖ Kontrol Angkur (Cone Failure Strenght)

Sesuai ACI 355 - 1R-91

$$P_c = 4 \times 0.85 \times \sqrt{f_c'} \times \sqrt{2} \cdot \pi \cdot L^2 \quad (97)$$

#### ❖ Jarak As angkur ke tepi concrete

$$m = dx \sqrt{\frac{\sigma_{\text{tarik angkur}}}{73 \times \sqrt{f_c'}}} \quad (98)$$

### 2.11.3 Rubber sheet

Rubber sheet merupakan jenis elastomer strips yang dipasang sepanjang lebar jembatan pada sambungan antar span pada struktur piled slab. Spesifikasi rubber sheet mengikuti brosur pabrik sesuai pemilihan tipe rubber sheet saat melakukan permodelan desain.

Yang harus memenuhi persyaratan:

$$P \text{ bearing yg terjadi} < P \text{ ijin bahan} \quad (99)$$

*Tabel 2. 25 Trellebotg Elastomeric Bearing Pads & Strips*

Part No.	Strip Dimensions mm x mm	Working Load per Metre kN/m	Compressive Stiffness kN/mm/m	Shear Stiffness kN/mm/m	Shear Capacity +/- mm	Rotation Capacity rad
Type O 5 x 50	5 x 50	200	550	9.0	2	0.022
Type O 5 x 75	5 x 75	300	1163	13.5	2	0.010
Type O 5 x 100	5 x 100	400	2001	18.0	2	0.006
Type O 5 x 125	5 x 125	500	3061	22.5	2	0.004
Type O 5 x 150	5 x 150	600	4348	27.0	2	0.003
Type O 5 x 200	5 x 200	800	7599	36.0	2	0.002
Type O 10 x 50	10 x 50	100	138	4.5	5	0.044
Type O 10 x 75	10 x 75	225	309	6.8	5	0.029
Type O 10 x 100	10 x 100	400	550	9.0	5	0.022
Type O 10 x 125	10 x 125	500	828	11.3	5	0.014
Type O 10 x 150	10 x 150	600	1163	13.5	5	0.010
Type O 10 x 200	10 x 200	800	2001	18.0	5	0.006
Type O 15 x 75	15 x 75	150	138	4.5	8	0.044
Type O 15 x 100	15 x 100	265	244	6.0	8	0.033
Type O 15 x 125	15 x 125	415	381	7.5	8	0.026
Type O 15 x 150	15 x 150	600	550	9.0	8	0.022
Type O 15 x 200	15 x 200	800	933	12.0	8	0.013
Type O 20 x 75	20 x 75	110	77	3.4	10	0.058
Type O 20 x 100	20 x 100	200	138	4.5	10	0.044
Type O 20 x 125	20 x 125	315	215	5.6	10	0.035
Type O 20 x 150	20 x 150	450	309	6.8	10	0.029
Type O 20 x 200	20 x 200	800	550	9.0	10	0.022
Type O 20 x 250	20 x 250	1000	828	11.3	10	0.014

Type O 25 x 100	25 x 100	160	88	3.6	13	0.055
Type O 25 x 125	25 x 125	250	138	4.5	13	0.044
Type O 25 x 150	25 x 150	360	198	5.4	13	0.036
Type O 25 x 200	25 x 200	640	352	7.2	13	0.027
Type O 25 x 250	25 x 250	1000	550	9.0	13	0.022

**Other sizes available upon request**

1. Calculations based on AS5100.4 Bearings
2. Maximum Total Load = Working Load as stated in table + 25%
3. Parameters for rubber: Hardness SDH 60, Shear Modulus (MN/m<sup>2</sup>)=0.9
4. For thicknesses over 5mm shear deflection is 50%. For 5mm thickness shear deflection is 40%
5. Maximum Rotation = Rotation as stated in table + 30% (table value includes 0.0035 radians for construction tolerances).
6. Tolerance on calculated stiffness value +/-20%
7. Calculations based on bearing strip mounted between wood float finished concrete surfaces

**Tabel 2. 26 Spesifikasi Rubber Sheet**

Size (mm)	400x65x20	400x95x20	400x125x25	400x150x25
Shape factor	0.78	1.07	1.06	1.21
Nominal design compressive load (kN)	36	73	95	131
Compressive stiffness* (kN/mm)	18.2	36.5	38.1	52.4
Nominal design shear deflection (mm)	10.0 <sup>#</sup>	10.0	12.5	12.5
Shear stiffness* (kN/mm)	1.17	1.71	1.80	2.16

**Notes:** \* Properties for bearing pads and strips are derived from AS 5100.4.  
Compressive stiffnesses are indicative only.

# Reduced as bearing does not satisfy stability and shape factor limit of AS 5100.4.

† Test data calculated as plain pad bearings.

## 2.11.4 Expansion joint

### ❖ Umur Rencana

Sambungan siar muai pada lantai jembatan sedapat mungkin direncanakan untuk umur yang sama dengan jembatan, apabila tidak mungkin untuk dilaksanakan perencana harus merencanakan agar jembatan mempunyai fasilitas yang memadai untuk kegiatan rehabilitasi/penggantian sambungan siar muai di kemudian hari.

### ❖ Penempatan

Sambungan siar muai pada lantai jembatan harus di tempatkan sedemikian agar berfungsi sesuai dengan perencanaan.

### ❖ **Klasifikasi Sambungan Siar Muai**

Sambungan siar muai secara luas dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berdasarkan total pergerakannya, yaitu :

1. Sambungan dengan pergerakan kecil yang total pergerakannya kurang dari 25 mm,
2. Sambungan dengan pergerakan menengah yang total pergerakannya di antara 25 mm dan 80 mm dari total pergerakan, dan
3. Sambungan dengan pergerakan besar yang total pergerakannya lebih dari 80 mm.

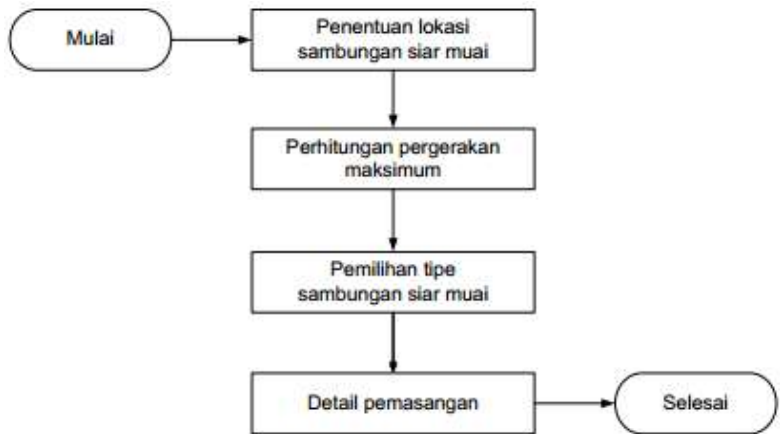
Di bawah ini ditunjukkan beberapa contoh tipikal jenis sambungan siar muai yang sesuai dengan klasifikasinya, yaitu :

- a. Sambungan siar muai tipe *seal* silikon tuang di tempat untuk klasifikasi pergerakan kecil,
- b. sambungan siar muai tipe *asphaltic plug* untuk klasifikasi pergerakan kecil sampai sedang,
- c. Sambungan siar muai tipe *strip seal* untuk klasifikasi pergerakan kecil sampai sedang, dan
- d. Sambungan siar muai tipe *modular expansion* untuk klasifikasi pergerakan besar.

### ❖ **Prosedur Perencanaan Sambungan Siar Muai**

Prosedur perencanaan sambungan siar muai dapat dilihat dalam bagan alir di bawah ini :





**Gambar 2. 18 Bagan Alir Proses Perencanaan Sambungan Siar Muai Lantai Jembatan**

Sumber : SE-M-2015 Pedoman Perencanaan Sambungan Siar Muai pada Lantai Jembatan gambar 1

## ❖ Perhitungan Pergerakan Maksimum

### 1. Koefisien Muai Panas

Koefisien muai panjang beton akibat panas, bisa diambil sebesar:

- $10 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ , dengan pertimbangan bisa bervariasi  $\pm 20\%$ ; atau
- Ditentukan dari hasil pengujian

### 2. Susut Beton

Bila tidak dilakukan pengukuran atau pengujian secara khusus, nilai regangan susut rencana beton pada umur  $t$  (hari), untuk beton yang dirawat basah di lokasi pekerjaan, bisa ditentukan berdasarkan rumusan di bawah ini:

$$\varepsilon_{cs,t} = \left( \frac{t}{35 + t} \right) \varepsilon_{cs,u} \quad (100)$$

Dimana:

$\varepsilon_{cs,t}$  = nilai regangan susut beton pada umur  $t$  hari, dan

$\varepsilon_{cs,u}$  = nilai susut maksimum beton

### 3. Rangkak pada Beton

Rangkak, yang merupakan regangan jangka panjang yang tergantung waktu pada suatu kondisi tegangan tetap, dan yang akan mengakibatkan suatu tambahan regangan terhadap regangan elastis beton, bisa dihitung dalam perbandingannya terhadap regangan elastis, melalui suatu koefisien rangkak  $\phi_{cc}(t)$ , di mana:

$$\varepsilon_{cc,t} = \phi_{cc}(t) \cdot \varepsilon_e \quad (101)$$

$\varepsilon_e$  merupakan regangan elastis sesaat, yang diakibatkan oleh bekerjanya suatu tegangan tetap. Dalam hal koefisien rangkak  $\phi_{cc}(t)$ , bila tidak dilakukan pengukuran atau pengujian secara khusus, bisa dihitung dari rumusan:

$$\varepsilon_{cc}(t) = \left( \frac{t^{0,6}}{(10 + t^{0,6})} \right) C_u \quad (102)$$

Dimana:

$t$  = waktu setelah pembebanan (hari)

$C_u$  = koefisien rangkak maksimum

**Tabel 2. 27 Koefisien Standar Rangkak Beton Sebagai Tambahan Regangan Jangka Panjang**

Kekuatan karakteristik $f_c'$ [MPa]	20	25	30	35	40 – 60
Koef. Rangkak maksimum $C_u$	2,8	2,5	2,3	2,15	2,0

Sumber: SNI T-12-2004 tabel 4.4-2

### ❖ Pemilihan Tipe Sambungan Siar Muai

Setelah semua faktor dan perhitungan dilakukan, bandingkan nilai pergerakan yang didapat dengan kemampuan sambungan siar muai mengatur pergerakan maksimum sehingga bisa didapatkan jenis sambungan siar muai yang cocok digunakan. Tabel data jenis sambungan dan besarnya pergerakan lantai ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2. 28 Tipikal Sambungan Siar Muai, dan Pergerakannya**

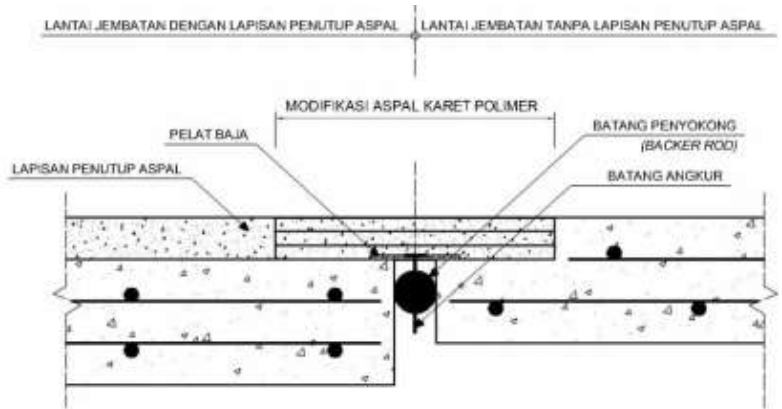
Jenis sambungan siar muai	Pergerakan total memanjang yang diizinkan		Pergerakan vertikal maksimum yang diizinkan (mm)	Jenis pergerakan
	Minimum (mm)	Maksimum (mm)		
Sambungan tertanam	5	20	1,3	Kecil
Asphaltic plug	5	20	3	Kecil
Sambungan tipe seal yang dituang	5	12	3	Kecil
Compression seal	5	40	3	Menengah
Elastomer yang diperkuat	5	*> 40	3	Menengah
Modular	5	*> 40	3	Menengah
Finger plate	25	*> 40	3	Besar

\*Tergantung pada spesifikasi setiap produk sambungan siar muai

Sumber : SE-M-2015 Pedoman Perencanaan Sambungan Siar Muai pada Lantai Jembatan tabel 1

❖ **Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug**

Tipikal detail sambungan siar muai tipe asphaltic plug ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 5 - Tipikal detail sambungan siar muai tipe asphaltic plug**

**Gambar 2. 19 Tipikal Detail Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug**

Sumber : SE-M-2015 Pedoman Perencanaan Sambungan Siar Muai pada Lantai Jembatan gambar 5

Untuk dapat memberikan kekakuan yang diperlukan terhadap lendutan yang mungkin terjadi juga sebagai alasan kepraktisan, pelat baja yang dipasang pada sambungan siar muai tipe *asphaltic plug* harus memiliki ketebalan minimum sebesar 8 mm. Ketentuan bentuk dan bahan yang dapat digunakan untuk tipe sambungan ini terdapat dalam SNI 7396:2008.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi suatu perencanaan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil desain struktur piled slab. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Adapun uraian dan metodologi dijelaskan sebagai berikut:

#### **3.1 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data pada tugas akhir ini meliputi :

- a. Data gambar  
Pengumpulan gambar diperoleh gambar layout dan highway dimana nantinya gambar rencana tersebut akan digunakan untuk menentukan dimensi komponen-komponen struktur piled slab.
- b. Data tanah  
Data tanah diperoleh dari proyek relokasi jalan tol Porong-Gempol, data tanah berupa data SPT dan sondir yang akan digunakan dalam perencanaan struktur pondasi dan tiang pancang yang mendekati daerah tersebut.
- c. Material  
Data material beton dan baja tulangan rencana yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan.

#### **3.2 Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)**

*Preliminary design* adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi computer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Dimensi-dimensi yang akan dilakukan preliminari desain antara lain yaitu slab dan balok pierhead

### 3.3 Input Pembebanan

Perhitungan beban – beban yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 1725-2016 mengenai Pembebanan untuk Jembatan.

Analisa pembebanan struktur adalah sebagai berikut :

1. Beban permanen
  - Berat sendiri  
Terdiri dari : Berat sendiri slab, pierhead, tiang pancang dan elemen-elemen struktur dan non struktur lain yang dipikulnya.
  - Beban mati tambahan  
Terdiri dari : Berat utilitas.
  - Beban akibat tekanan tanah  
Ditentukan dalam SNI 1725-2016 pasal 7.4
2. Beban Lalu Lintas
  - Beban lajur “D”  
Ditentukan dalam SNI 1725-2016 pasal 8.3 dengan beban lajur “D” berupa Beban Terbagi Rata (BTR), Beban Garis Terpusat (BGT).
  - Beban truk “T”  
Ditentukan dalam SNI 1725-2016 pasal 8.4
  - Gaya rem  
Ditentukan dalam SNI 1725-2016 pasal 8.7
3. Beban angin  
Beban angin bekerja pada tiang pancang berupa beban titik. Ditentukan dalam SNI 1725-2016 pasal 9.6 dengan beban angin berupa beban angin kendaraan, beban angin struktur dan beban angin vertikal.
4. Beban Gempa  
Analisa pembebanan gempa bangunan sesuai dengan Standar Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa

(SNI 2833 – 2016). Dalam tugas akhir ini perhitungan beban gempa menggunakan analisa respons spektrum.

### 3.4 Analisa Struktur

Pemodelan Struktur dalam perencanaan piled slab ini menggunakan program bantu SAP 2000, dengan kriteria sebagai berikut :

1. Pemodelan di modelkan 3D sebagai sistem struktur open frame.
2. Half Slab Precast dimodelkan pada SAP 2000 sebagai area section agar beban pada slab dapat terdistribusi pada balok pierhead.
3. *Bracing* dimodelkan pada SAP 2000 sebagai frame agar dapat terdistribusi pengekang lateral pada tiang pancang.
4. Gaya gempa dimodelkan dengan Analisa respons spektrum dan diinputkan kedalam SAP 2000.

### 3.5 Analisa Gaya Dalam (M, N, D)

Struktur bangunan yang akan di analisa gaya dalamnya dalam perhitungan struktur piled slab ini antara lain: slab, balok pierhead dan tiang pancang.

Nilai gaya dalam diperoleh dari program bantuan SAP 2000. Untuk komponen utama dan pendukung, nilai gaya dalam diperoleh dari output SAP. Sedangkan untuk struktur pelengkap, perhitungan dilakukan dengan bantuan program excel berdasarkan peraturan dan spesifikasi yang berlaku.

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai SNI 1725-2016 sebagai berikut :

- A. Ketahanan struktur terhadap batas kuat :
- (1)  $1.3MS + 2MA + 1.8TT + 1.8TD + 1.8TB + 1ES$
  - (2)  $1.3MS + 2MA + 1.4TT + 1.4TD + 1.4TB + 1ES$
  - (3)  $1.3MS + 2MA + 1.4EWs + 1ES$
  - (4)  $1.3MS + 2MA$

$$(5) \quad 1.3MS + 2MA + 1.4EW_s + 1ES$$

B. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :

$$(6) \quad 1.3MS + 2MA + 0.5TT + 0.5TD + 0.5TB + 1EQ$$

$$(7) \quad 1.3MS + 2MA + 0.5TT + 0.5TD + 0.5TB$$

C. Kombinasi beban untuk daya layan:

$$(8) \quad 1MS + 1MA + 1TT + 1TD + 1TB + 0.3EW_s + 1EW_L + 1ES$$

$$(9) \quad 1MS + 1MA + 1,3TT + 1,3TD + 1,3TB$$

$$(10) \quad 1MS + 1MA + 0,8TT + 0,8TD + 0,8TB + 1ES$$

$$(11) \quad 1MS + 1MA + 0.7EW_s + 1ES$$

Keterangan :

MS : beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA : beban mati perkerasan dan utilitas

TT : beban truk "T"

TD : beban lajur "D"

TB : gaya akibat rem

ES : beban akibat penurunan

EW<sub>s</sub> : beban angin pada struktur

EW<sub>L</sub> : beban angin pada kendaraan

### 3.6 Perhitungan Tulangan Struktur

Komponen-komponen struktur desain sesuai dengan aturan yang terdapat pada SNI T-12-2004. Perhitungan meliputi:

1. Kontrol pergoyangan lateral di permukaan tanah dan di atas permukaan tanah.
2. Perhitungan desain bracing pada pile.
3. Kontrol pergoyangan lateral di permukaan tanah dan di atas permukaan tanah.
4. Output SAP 2000 yang berupa momen lentur (M), momen torsi (T), gaya aksial (P), gaya geser (D).



5. Perhitungan penulangan lentur, tulangan angkat, shear connector pada *half slab precast*.
6. Perhitungan penulangan geser, lentur, dan puntir pada komponen struktur utama balok pierhead.
7. Kontrol perhitungan penulangan.
8. Perhitungan komponen pelengkap pada struktur piled slab.
9. Membuat tabel penulangan yang terpakai pada elemen struktur yang dihitung (komponen utama).
10. Gambar detail penulangan.

### **3.7 Cek Persyaratan Perhitungan**

#### **1. Pondasi Tiang Pancang**

- Kontrol syarat pergoyangan lateral tiang pancang baik dipermukaan tanah atau diatas permukaan tanah.
- Kontrol kapasitas rasio penampang pada permodelan tiang pancang.
- Kontrol  $P_{max}$  (1 tiang) < Daya Dukung 1 tiang
- Kontrol  $P_{min}$  (1 tiang) < Kapasitas cabut 1 tiang
- Kontrol geser pons horisontal dan vertikal pada pierhead.

#### **2. Bracing pada Pile**

- Kontrol syarat batas-batas lendutan SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3
- Kontrol syarat batas-batas kelangsingan SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.4
- Kontrol  $N_n$  pasang  $\geq N_u$  untuk komponen struktur tekan SNI 03-1729-2002, pasal 9.1
- Kontrol  $T_n$  pasang  $\geq T_u$  untuk komponen struktur tarik SNI 03-1729-2002, pasal 10.1
- Perhitungan jumlah baut pada bracing dan clamp baja (SNI 03-1729-2002 pasal 13)
- Kontrol  $R_u \leq \phi R_n$  untuk tahanan baut (LRFD 6.2)
- Kontrol geser blok pada sambungan baut (LRFD 3.6)

### 3. Plat

- Kontrol  $M_n$  pasang  $\geq M_u$  untuk penulangan lentur
- Kontrol kondisi saat pengangkatan, penumpukan, pemasangan dan pengecoran (PCI Design Handbook for precast)
- Cek lendutan (SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.1)
- Kontrol panjang penyaluran (SNI 03-2847-2013, pasal 13.3.3 dan 13.3.4)
- Menghitung besar tulangan angkat
- Kontrol geser pons

### 4. Balok Pierhead

- Kontrol  $M_n$  pasang  $\geq M_u$  untuk penulangan lentur
- Kontrol syarat tulangan minimum (SNI T-12-2004, pasal 5.1.1.5 pont a).
- Kontrol persyaratan jarak tulangan (SNI T-12-2004, pasal 5.1.1.7).
- Kontrol  $V_n$  pasang  $\geq V_u$  untuk penulangan geser (SNI T-12-2004 pasal 5.2.1)
- Kontrol kebutuhan tulangan torsi (SNI T-12-2004, pasal 5.4).
- Kontrol geser pons

## 3.8 Gambar Rencana

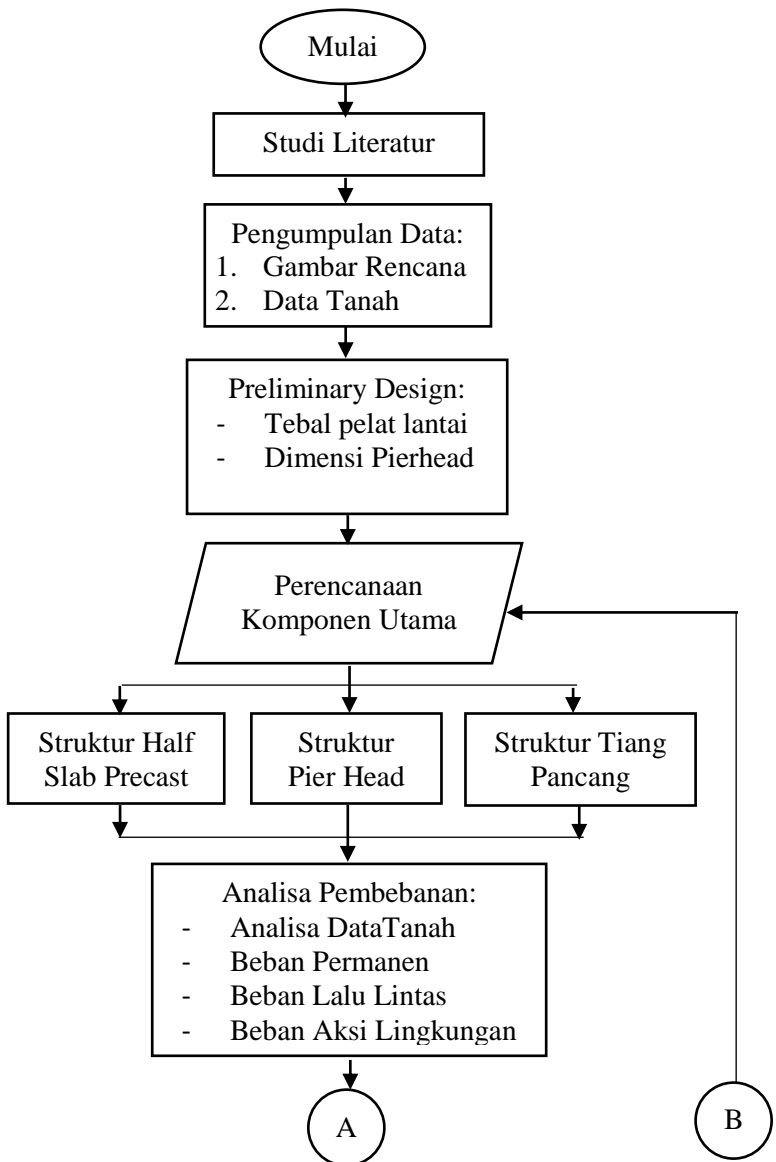
1. Gambar Highway, terdiri dari :
  - a. Gambar layout
  - b. Gambar tampak
2. Gambar Potongan
  - a. Potongan memanjang
  - b. Potongan melintang
3. Gambar Penulangan
  - a. Gambar penulangan half slab precast
  - b. Gambar penulangan penghalang lalu lintas
  - c. Gambar penulangan pierhead
  - d. Gambar penulangan pondasi tiang pancang

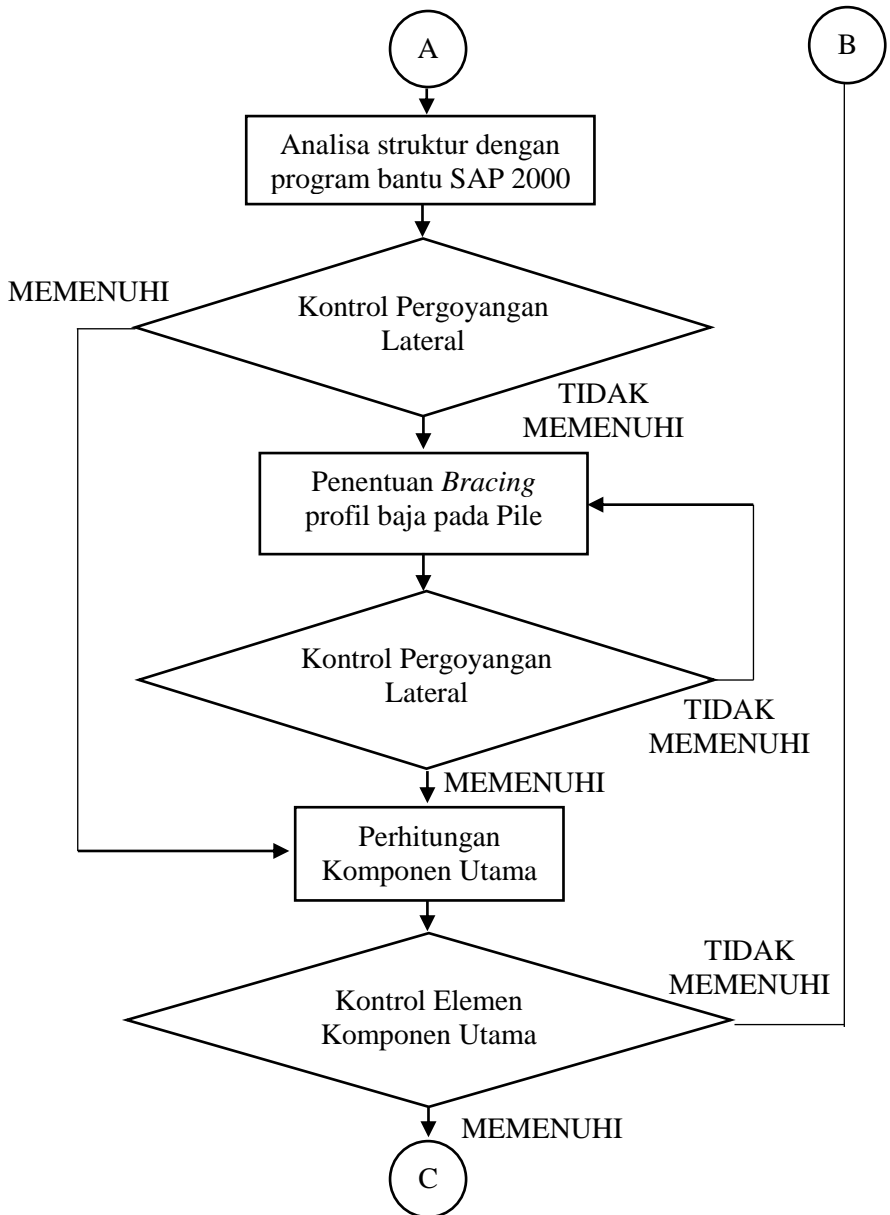
- e. Gambar angkur
- 4. Gambar Struktur
  - a. Gambar half slab precast
  - b. Gambar pierhead
  - c. Gambar pondasi tiang pancang
  - d. Gambar *bracing*

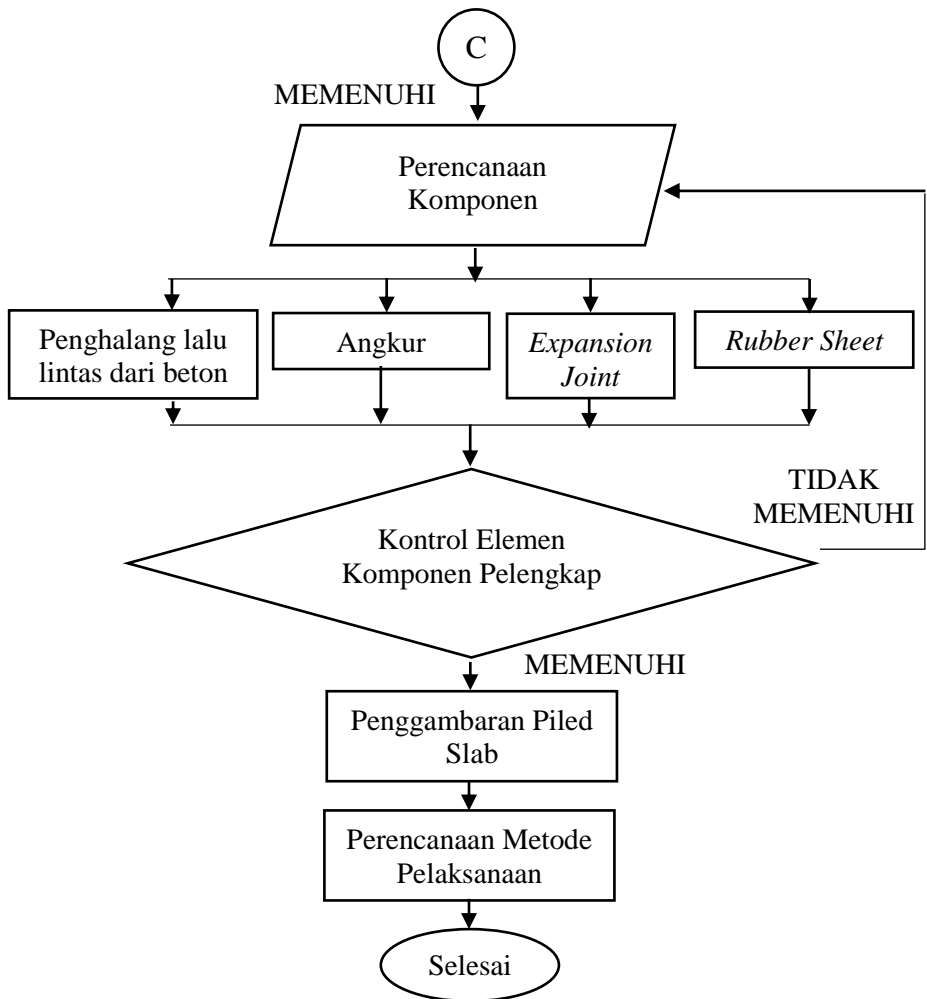
### **3.9 Perencanaan Metode Pelaksanaan**

Penyusunan metode pelaksanaan didasarkan pada material atau bahan yang digunakan dan peralatan kerja.

### 3.10 Bagan Alur







**Gambar 3. 1 Bagan Alur Metode Perhitungan Piled Slab**

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Data Perencanaan**

Sebagai dasar dalam desain struktur dan metode perencanaan struktur piled ini diperlukan data-data awal perencanaan. Dari data-data perencanaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan. Data-data perencanaan yang diperlukan akan diuraikan berikut ini:

1. Data umum proyek dan gambar layout

❖ Data Umum Bangunan

Nama Proyek	:	Relokasi jalan tol Porong-Gempol
Lokasi	:	Kelurahan Ketapang, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur
Awal Proyek	:	STA. 34+860
Akhir Proyek	:	STA. 38+675
Panjang jalan	:	3,815 KM
Jumlah Lajur	:	2 x 3 lajur
Lebar Lajur	:	3,6 m

❖ Gambar Layout, meliputi: gambar denah dan gambar potongan

2. Data tanah

Data tanah diperoleh dari proyek relokasi jalan tol Porong-Gempol, data tanah berupa data SPT dan sondir yang akan digunakan dalam perencanaan struktur pondasi dan tiang pancang yang mendekati daerah tersebut. Dengan data tanah yang ditinjau adalah BH VIII pada STA. 37+500 – 37+550.

### 3. Material

Material yang digunakan dalam desain struktur piled slab adalah beton bertulang dan profil baja dengan spesifikasi sebagai berikut:

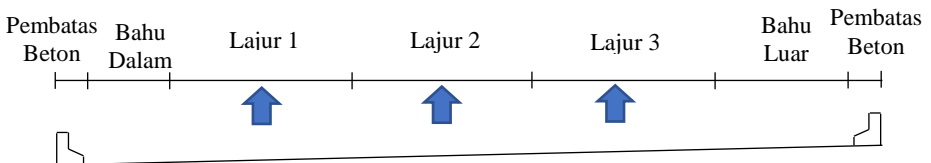
Mutu Beton ( $f_c'$ )	: K-350
Mutu Tulangan Lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Mutu Baja Geser ( $f_{ys}$ )	: 240 MPa
Baja profil	: BJ41
Tegangan putus min ( $f_u$ )	: 410 Mpa
Tegangan leleh min ( $f_y$ )	: 250 Mpa

## 4.2 Penentuan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

Dalam melakukan desain struktur piled slab, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan dimensi-dimensi komponen-komponen struktur yang digunakan dalam perencanaan struktur tersebut.

### 4.2.1 Ruang Milik Jalan

2 lajur, 3 dengan lebar 1 lajur	= 3,6 m
Lebar bahu dalam	= 1,5 m
Lebar bahu luar	= 3 m
Lebar pembatas jalan	= 0,5 m
Lebar jalan	= jumlah lajur x lebar lajur + bahu dalam + bahu luar + 2 x pembatas jalan = 3 x 3,6 m + 1,5 m + 3 m + 2 x 0,5 m = 16,3 m



**Gambar 4. 1 Penentuan Ruang Milik Jalan**

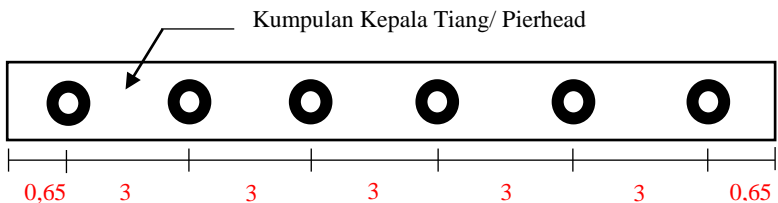


#### 4.2.2 Jarak antar Tiang Pancang dan Tiang Pancang ke Tepi

Sesuai SNI T-12-2004 pasal 7.1.2.2.3 yaitu jarak minimum tiang adalah 5 kali diameter atau jarak terkecil dari tiang. Bila kepala tiang tergabung dalam suatu kumpulan kepala tiang (*pile-cap*) beton, jarak dari satu sisi tiang ke tepi terdekat dari kumpulan kepala tiang, tidak boleh kurang dari 250 mm.

##### ❖ Jarak pancang arah melintang

Diameter pancang ( $D$ ) = 60 cm = 0,6 m  
 Arak antar tiang pancang min =  $5D = 5 \times 0,6 = 3$  m  
 Jarak tiang ke tepi min = 0,25 m  $\approx 0,65$  m  
 Jumlah tiang pancang = 6 bh



**Gambar 4. 2 Sketsa Jarak Pancang Arah Melintang**

##### ❖ Jarak pancang arah memanjang

Panjang 1 span piled slab = 45 m

Direncanakan pemasangan bracing arah memanjang dan melintang pada pile bila kontrol perhitungan pile tidak memenuhi syarat, pemasangan bracing memanjang dan melintang pada pile mempertimbangkan jarak efektif pemasangan bracing, pemasangan bisa dilakukan dengan sisten pile grup, karena jarak melintang antar pile adalah 3 m, maka untuk mengelompokkan arah memanjang,

jarak memanjang antar pile dibedakan menjadi 3 m dan 6 m untuk, dimana pada jarak memanjang 3 m akan dipasang bracing. Jadi rencana pemasangan bracing dilakukan pada semua arah horisontal, tapi tidak dilakukan pada semua arah memanjang.

Sehingga dapat disimpulkan jarak pancang memanjang dibagi mejadi 2 tipe bentang, sebagai pengelompokkan bracing pd pile:

Jarak pile arah memanjang 1 = 3 m

Jarak pile arah memanjang 2 = 6 m

#### 4.2.3 Penentuan Dimensi Pierhead

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 7.1.2.2.3

Jarak tiang ke tepi min = 0,25 m  $\approx 0,7$  m

Lebar pierhead = 2 x 0,7 m = 1,4 m

Sehingga dimensi pierhead = 16,3 m x 1,4 m



*Gambar 4. 3 Sketsa Dimensi Pierhead*

#### ❖ Perhitungan tebal pierhead

Tebal pierhead didapatkan dengan perhitungan geser pons terhadap pierhead sisi tepi dan sisi tengah:





baik terhadap sisi tepi ataupun tengah telah memenuhi syarat, maka dipakai:

Tebal pierhead = 0,7 m

#### 4.2.4 Penentuan Dimensi Pelat Lantai Kendaraan

##### ❖ Tebal pelat lantai

Penentuan tebal minimum pelat lantai diatur dalam SNI T-12-2004 pasal 5.5.2.

Bentang pelat terpanjang (L) = 6 m

Tebal pelat (ts)  $\geq 200$  mm atau,

Tebal pelat (ts)  $\geq (100 + 40l)$  mm  
 $\geq (100 + 40 \times 6 \text{ m})$   
 $\geq 340$  mm

Maka direncanakan tebal pelat lantai pada bentang 3 m dan 6 m adalah:

ts = 350 mm

##### ❖ Dimensi pelat lantai

###### Lebar segmen

Pelat lantai direncanakan menggunakan half slab precast, sehingga pelat direncanakan dibagi menjadi 6 segmen sepanjang lebar jalan.

Lebar jalan (L) = 16,3 m

Banyak segmen rencana = 12 bh

Lebar tiap segmen = 1,358 m

###### Panjang segmen

- Untuk bentang as-6 m = 6 m - 2x0,5 m = 5 m
- Untuk bentang as-6 m tepi sambungan expansion joint = 6 m - 0,5 m - 15 mm = 5,485 m
- Untuk bentang as-3 m = 6 m - 2x0,5 m = 2 m
- Untuk bentang as-3 m tepi sambungan expansion joint = 6 m - 0,5 m - 15 mm = 2,485 m

### **Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dimensi struktur diatas maka dapat disimpulkan piled slab tersebut menggunakan struktur dengan dimensi sebagai berikut :

#### **A. Pelat Lantai**

##### **Bentang 3 m**

Panjang : 2 m dan 2,485 m

Lebar : 1,358 m

Tebal : 0,35 m

##### **Bentang 6 m**

Panjang : 5 m dan 5,485 m

Lebar : 1,358 m

Tebal : 0,35 m

#### **B. Pierhead**

Panjang : 16,3 m

Lebar : 1,4 m

Tebal : 0,7 m

C. Spun Pile : D-60 Tipe C (8 m Top)  
: D-60 Tipe B (13 middle + 15 bottom)

## **4.3 Perhitungan Pembebanan Struktur**

### **4.3.1 Beban Mati (MS)**

Diatur dalam SNI 1725-2016 pasal 7.2. Berat sendiri jembatan (Self-weight) yang terdiri dari slab, pierhead dan tiang pancang didapatkan dari hasil analisa SAP 2000.

### **4.3.2 Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)**

#### **Berat Aspal:**

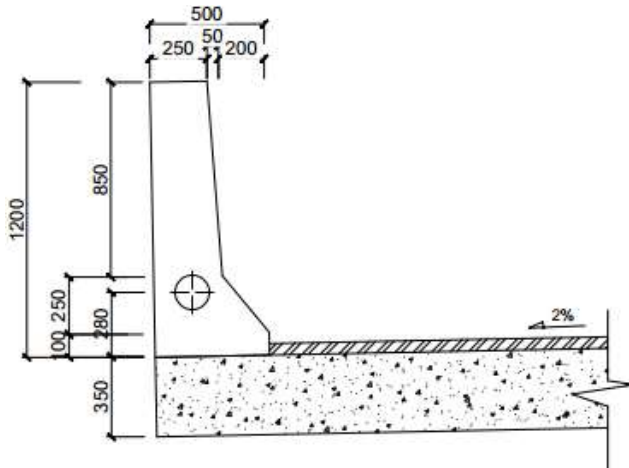
$t_{\text{aspal}} = 5 \text{ mm}$

$\gamma_{\text{aspal}} = 2200 \text{ kg/m}^3$  (SNI 1725-2016 tabel 2)

Berat aspal =  $t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}}$

$$= 0,05 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 = 110 \text{ kg/m}^2$$

Berat barrier:



**Gambar 4. 6 Dimensi Barrier**

$$\begin{aligned} \text{Luas barrier} &= (1/2(0,25+0,3) \times 0,85) + (1/2(0,3+0,5) \times 0,25) + (0,5 \times 0,1) \\ &= 0,38375 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{SNI 1725-2016 tabel 2})$$

$$\begin{aligned} \text{Berat barrier} &= L_{\text{barrier}} \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,38375 \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 959,375 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 4.3.3 Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hujan dan pengaruh beban pelaksanaan pada saat kondisi sebelum komposit yang diatur dalam SNI 1725-2016 pasal 7.5

Beban air hujan:

$$t_{\text{genangan}} = 30 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{SNI 1725-2016 tabel 2})$$

$$\text{Berat air hujan} = t_{\text{genangan}} \times \gamma_{\text{air}}$$

$$= 0,03 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 30 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.3.4 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T" yang bekerja pada lantai kendaraan.

##### a. Beban Lajur "D"

###### Beban Terbagi Rata (BTR)

Jika  $L \leq 30 \text{ m}$ , maka  $q = 9 \text{ kPa}$

Jika  $L > 30 \text{ m}$ , maka  $q = 9 \times (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$

Panjang total jembatan yang dibebani ( $L$ ) = 45 m

Intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan:

$$q = 9 \times (0.5 + 15/L)$$

$$= 9 \times (0.5 + 15/45\text{m}) = 7,5 \text{ kPa} = 750 \text{ kg/m}^2$$

###### Beban Garis Terousat (BGT)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 8.3.1

Nilai  $P = 49 \text{ kN/m}$

Faktor Beban Dinamis (FBD) diambil sebagai berikut:

$FBD = 0,4$  untuk  $L \leq 50 \text{ m}$

$FBD = 0.4 - 0.0025 \times (L-50)$  untuk  $50 < L < 90 \text{ m}$

$FBD = 0,3$  untuk  $L \geq 90 \text{ m}$

Karena  $L \leq 50 \text{ m}$ , maka nilai FBD diambil = 0,4

$$P_{BGT} = P \times (1+FBD)$$

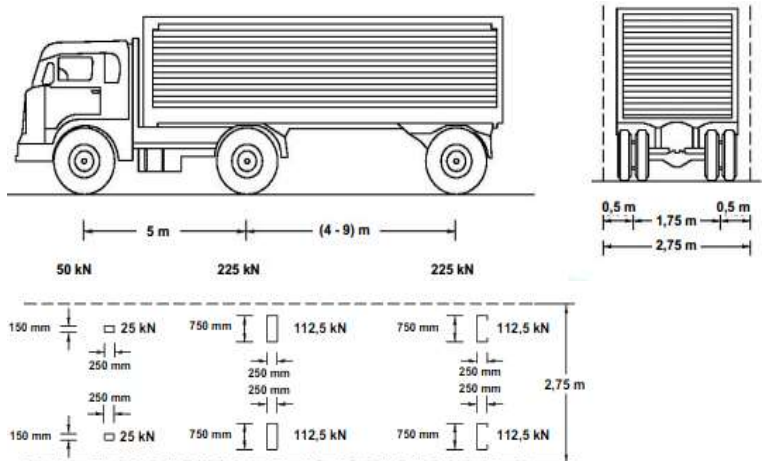
$$= 49 \times (1+0,4)$$

$$= 68,6 \text{ kN/m} = 6860 \text{ kg/m}$$

##### b. Beban Truk T

SNI 1725-2016 pasal 8.4.1 ditentukan beban truk sebaga berikut:





Beban truk di input pada program SAP dengan menggunakan moving load pada lines.

### c. Gaya Rem (TB)

Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan harus diambil yang terbesar dari SNI 1725-2016 pasal 8.7

25% dari berat gandar truk desain atau

Berat gandar truk (SNI 1725-2016 pasal 8.4.1)

$$= 2 \times 11250 \text{ kg} = 22500 \text{ kg}$$

$$= 25\% \times 22500 \text{ kg} = 5625 \text{ kg}$$

5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur  
terbagi rata BTR

$$\text{Berat truk rencana} = 500 \text{ kN} = 50000 \text{ kg}$$

$$\text{BTR} = 750 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 13500 \text{ kg}$$

$$= 5\% \times (\text{truk rencana} + \text{BTR})$$

$$= 5\% \times (50000 \text{ kg} + 13500 \text{ kg}) = 3175 \text{ kg}$$

Maka diambil nilai TB terbesar = 5625 kg untuk didistribusikan ke titik pancang.

#### 4.3.5 Beban Aksi Lingkungan

##### a. Beban Angin Kendaraan (EWi)

Angin bekerja dengan sudut serang  $0^\circ = 1,46 \text{ N/mm}$

Bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan

$$= 1,46 \text{ N/mm} \times 1800 = 2628 \text{ N} = 262,8 \text{ kg}$$

##### b. Beban Angin Struktur (EWs)

Tekanan angin dasar (Tekan)

$$P_B (\text{tekan}) = 0,0024 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tabel 29 SNI 1725:2016}$$

Tekanan angin dasar (Hisap)

$$P_B (\text{hisap}) = 0,0012 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tabel 29 SNI 1725:2016}$$

Kecepatan gesekan angin

$$V_o = 17,6 \text{ km/jam} \quad \textbf{Tabel 28 SNI 1725:2016}$$

Kecepatan angin rencana

$$V_B = 90 \text{ km/jam}$$

Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm

$$V_{10} = 90 \text{ km/jam}$$

Panjang gesekan di hulu jembatan

$$Z_o = 1 \text{ m} \quad \textbf{Tabel 28 SNI 1725:2016}$$

Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah

$$Z = 10 \text{ m}$$

Kecepatan angin rencana pd elevasi rencana

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \frac{Z}{Z_o} = 101,314 \text{ km/jam}$$

Tekanan angin rencana (TEKAN)

$$P_D (\text{TEKAN}) = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0,00304 \text{ Mpa}$$

Tekanan angin rencana (TEKAN)

$$P_D (\text{HISAP}) = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0,00152 \text{ Mpa}$$

### 4.3.6 Pembebanan Gempa

#### 1. Klasifikasi Tanah

**Tabel 4. 1 Tahanan Penetrasi Tanah**

Lapisan ke- <i>i</i>	Tebal lapisan ( <i>di</i> )	Jenis Tanah	Nilai N-SPT
1	10	Lempung berlanau	0,75
2	4	Lempung berlanau berpasir	10,33
3	3	Lempung berlanau berpasir berkerikil	20,00
4	4	Lempung berlanau	16,00
5	5	Lempung berlanau berpasir	9,33
6	14	Pasir berkerikil berbatu berlanau	53,00

$$\sum di = 40$$

$$\sum Ni = 14,92$$

$$N = \sum di / \sum Ni = 40/14,92 = 2,681$$

Sesuai tabel klasifikasi situs SNI 2833:2016 Tabel 2, apabila  $N = 2,681 < 15$  maka tanah masuk ke dalam kelas situs E (Tanah Lunak)

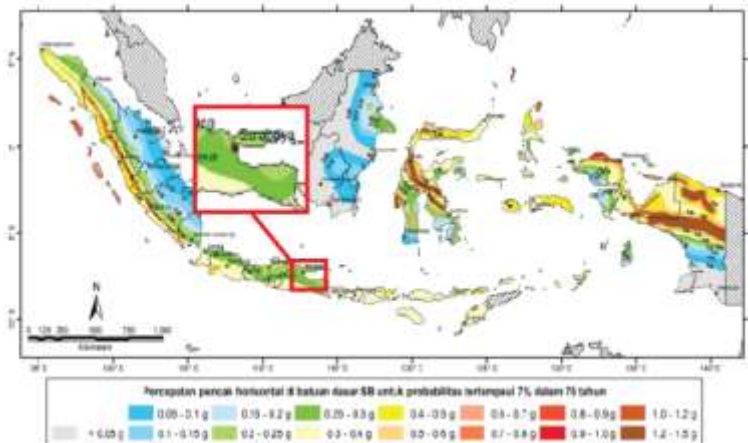
#### 2. Perhitungan Respons Spektrum

Berdasarkan data SPT tersebut, tanah termasuk klasifikasi SE (tanah lunak). Kemudian lokasi pelaksanaan proyek relokasi jalan tol Porong-Gempol berada di kabupaten Sidoarjo dengan peta lokasi sebagai berikut:



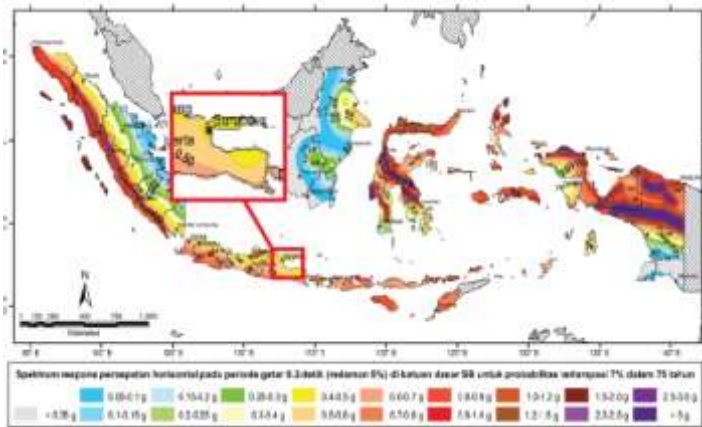
**Gambar 4. 7 Peta Lokasi Pelaksanaan Struktur Piled Slab**

Didapatkan nilai  $PGA = 0,25$  berdasarkan peta berikut:



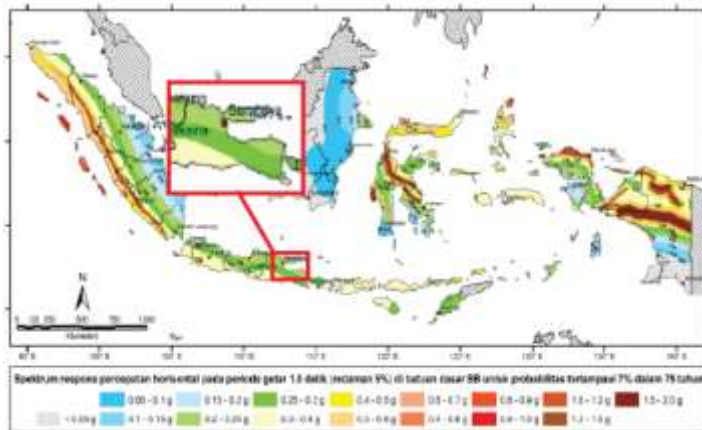
**Gambar 4. 8 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

Didapatkan nilai  $S_s = 0,4$  berdasarkan peta berikut:



**Gambar 4. 9 Peta Respons Spectra Percepatan 0,2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

Didapatkan nilai  $S_1 = 0,2$  berdasarkan peta berikut:



**Gambar 4. 10 Peta Respons Spectra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

### Menentukan priode getar $T_0$ dan $T_s$ :

Dari peta zonasi gempa didapatkan kesimpulan nilai senagai berikut:

$$S_s = 0,4$$

$$S_1 = 0,2$$

$$PGA = 0,25$$

Kemudaian mencari nilai amplifikasi untuk periode 0,2 detik ( $F_a$ ) berdasarkan tabel berikut:

**Tabel 3 - Faktor amplifikasi untuk periode pendek ( $T_s \leq 0,2$  s)**

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

**Catatan :** Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: SNI 2833-2016 tabel 3

Didapatkan nilai PGA dan  $F_a$  dari interpolasi sebesar:

$$F_a = 2,02$$

$$PGA = 1,45$$

Mencari nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) berdasarkan tabel berikut:

**Tabel 4 - Faktor amplifikasi untuk periode panjang ( $T_s > 0,2$  s)**

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

**Catatan :** Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: SNI 2833-2016 tabel 4

Didapatkan nilai  $F_v = 3,2$

Nilai  $F_a$  dan  $F_v$  selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$ , dan untuk periode 1 detik,  $S_{D1}$ , dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA = 1,45 \times 0,25 = 0,363$$

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= F_a \times S_s = 2,02 \times 0,4 = 0,808 \\
 S_{D1} &= F_v \times S1 = 3,2 \times 0,2 = 0,64
 \end{aligned}$$

Menentukan periode getar  $T_0$  dan  $T_s$ :

$$T_0 = 0,20 \times S_{D1} / S_{DS} = 0,158$$

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0,792$$

### **Menentukan zona gempa:**

***Tabel 4. 2 Zona Gempa***

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Sumber: SNI 2833-2016 tabel 5

Dengan nilai  $S_{D1} > 0,5$  maka termasuk dalam zona gempa 4. Maka perhitungan gaya gempa rencana mengikuti ketentuan zona gempa 4 SNI 2833-2016 pasal 5.9.3 dimana pada pasal tersebut gaya gempa ditentukan  $R$  diambil sama dengan 1 untuk fondasi. Sedangkan untuk bangunan atas seperti pelat gaya gempa di ditentukan  $R = 3$  berdasarkan kriteria kinerja 2 SNI 2833-2016 pasal 8.2.

### **Faktor Pengali Gempa (*Scale Factor*)**

***Tabel 4. 3 Faktor Kepentingan***

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: Bailey) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Sumber: RSNI T-02-2005 tabel 32

Pondasi dengan  $R = 1$  maka:

$$\begin{aligned} SF &= \text{faktor kepentingan} \times g/R \\ &= 1 \times 9,81/1 = 9,81 \end{aligned}$$

Bangunan atas dengan  $R = 3$  maka:

$$\begin{aligned} SF &= \text{faktor kepentingan} \times g/R \\ &= 1 \times 9,81/3 = 3,27 \end{aligned}$$

#### 4.3.7 Beban Settlement

$$S = S1 + S2 + S3$$

Dimana:

$S$  = Penurunan elastis total pondasi tiang tunggal

$S1$  = Penurunan akibat deformasi aksial tunggal

$S2$  = Penurunan dari ujung tiang

$S3$  = Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

Dimana ketiga komponen ini ( $S1$ ;  $S2$  dan  $S3$ ) diperhitungkan secara terpisah lalu kemudian dijumlahkan.

##### Deformasi Aksial ( $S1$ )

$$Q_{wp} = 33,243 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 44,557 \text{ ton}$$

$$A_p = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$L = 28 \text{ m}$$

$$E_p = 3316748,41 \text{ ton/m}^2$$

$$\xi = 0,67$$

$$S1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

$$S1 = \frac{(33,2 \text{ ton} + 0,67 \times 44,6 \text{ ton}) \times 28 \text{ m}}{0,2827 \times 3316748,4}$$

$$S1 = 0,00188 \text{ m} = 1,884 \text{ mm}$$



**Penurunan Ujung (S2)**

$$Q_{wp} = 33,2 \text{ ton}$$

$$C_p = 0,03$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$q_p = 118 \text{ ton/m}^2$$

$$S2 = \frac{Q_{wp} C_p}{D \cdot q_p}$$

$$S2 = \frac{33,2 \text{ ton} \times 0,03}{0,6 \text{ m} \times 118}$$

$$S2 = 0,014 \text{ m} = 14,14 \text{ mm}$$

**Penurunan Akibat Pengalihan Beban (S3)**

$$Q_{ws} = 44,557 \text{ ton}$$

$$q_p = 118 \text{ ton/m}^2$$

$$C_s = 0,93 + 0,16 \left( \sqrt{\frac{L}{D}} \right) C_p$$

$$C_s = 0,93 + 0,16 \left( \sqrt{\frac{28 \text{ m}}{0,6 \text{ m}}} \right) \times 0,03 = 0,061$$

$$S2 = \frac{Q_{ws} C_s}{L \cdot q_p}$$

$$S2 = \frac{44,6 \text{ ton} \times 0,061}{28 \text{ m} \times 117,57}$$

$$S2 = 0,00082 \text{ m} = 0,821 \text{ mm}$$

**Penurunan Elastis Total Pondasi Tiang Tunggal (S)**

$$S = S1 + S2 + S3$$

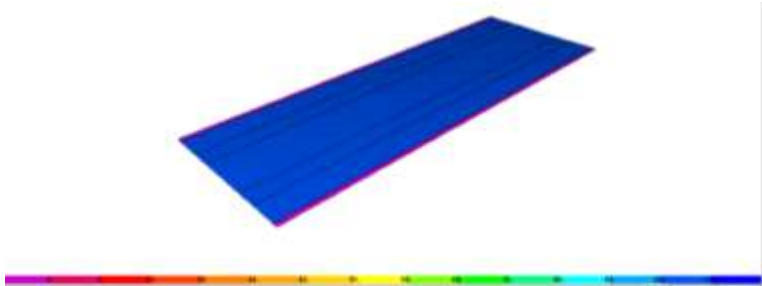
$$= 1,884 \text{ mm} + 14,14 \text{ mm} + 0,821 \text{ mm}$$

$$= 16,84 \text{ mm}$$

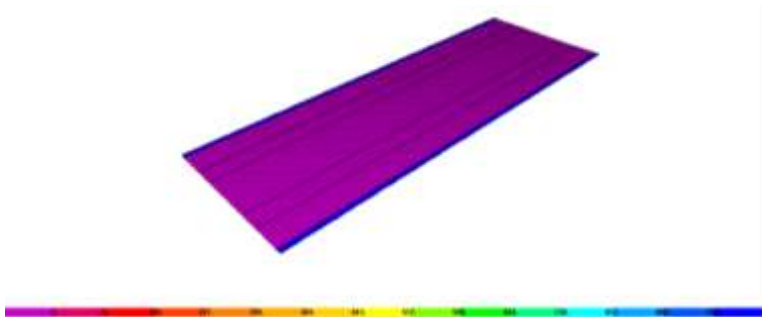
#### 4.4 Input Beban dan Kombinasi Pembebanan

##### 4.4.1 Input Beban Mati Tambahan dan Hidup

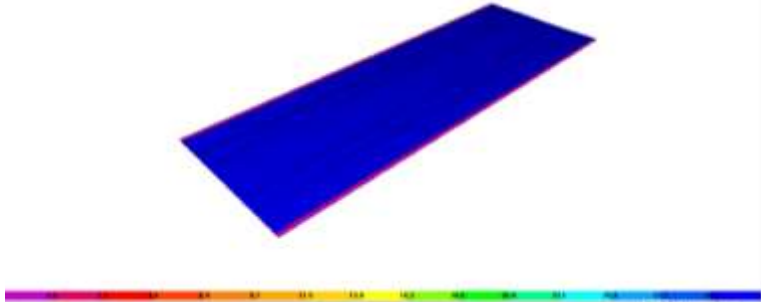
Beban mati tambahan dan beban hidup diinputkan dalam program SAP dengan assign load area, dimana elemen yang menerima beban ini adalah pelat lantai kendaraan:



*Gambar 4. 11 Input Pembebanan Aspal*



*Gambar 4. 12 Input Pembebanan Barrier*



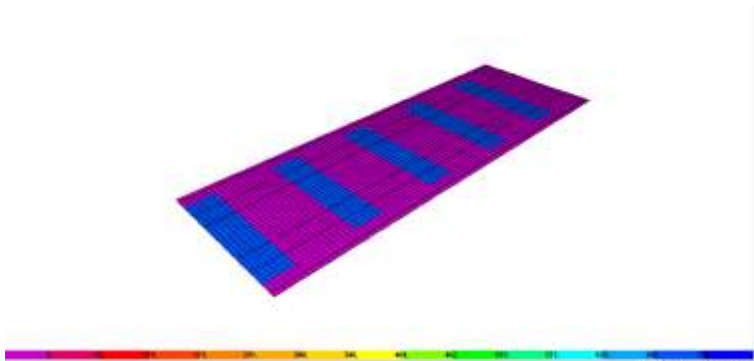
*Gambar 4. 13 Input Pembebanan Air Hujan*

#### 4.4.2 Input Beban Lalu Lintas

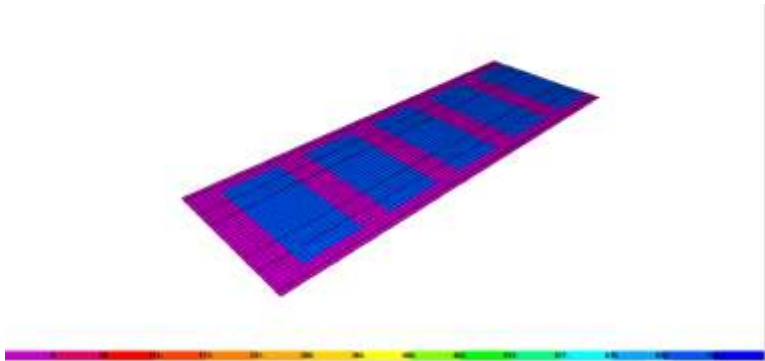
##### a) **Beban Lajur “D”**

Input beban BTR dan BGT mengikuti SNI 1725-2016 Gambar 25 yaitu terdiri dari 3 macam penempatan dan 1 macam penempatan untuk mengetahui reaksi pada tumpuan.

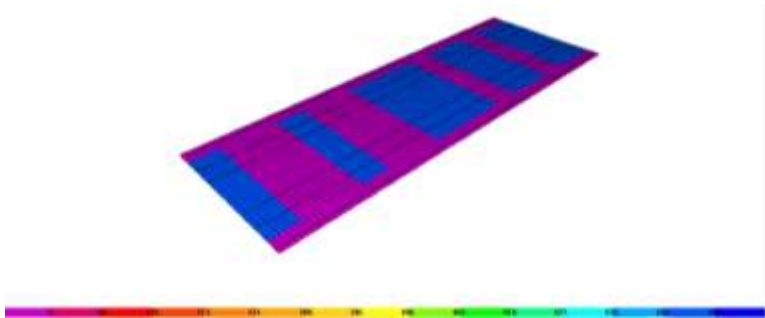
##### **Beban Terbagi Rata (BTR)**



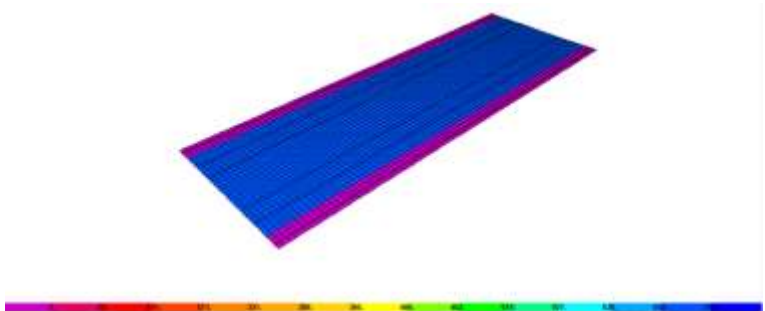
*Gambar 4. 14 Input Pembebanan BTR 1*



***Gambar 4. 15 Input Pembebanan BTR 2***

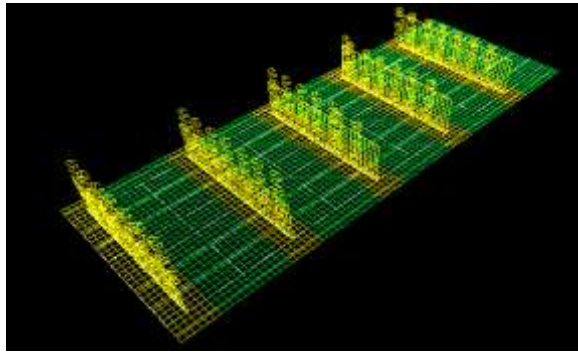


***Gambar 4. 16 Input Pembebanan BTR 3***

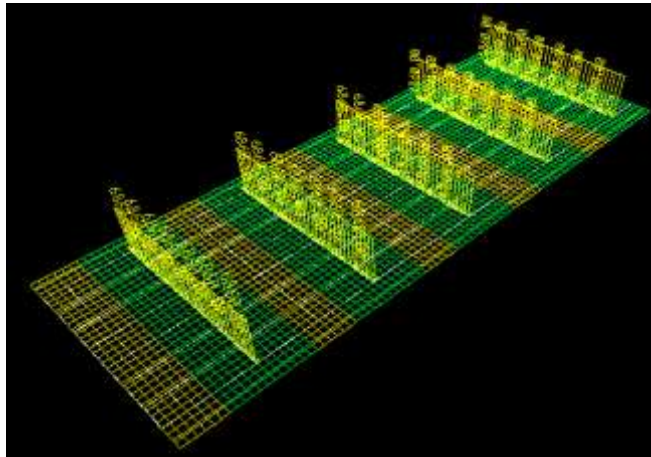


***Gambar 4. 17 Input Pembebanan BTR 4***

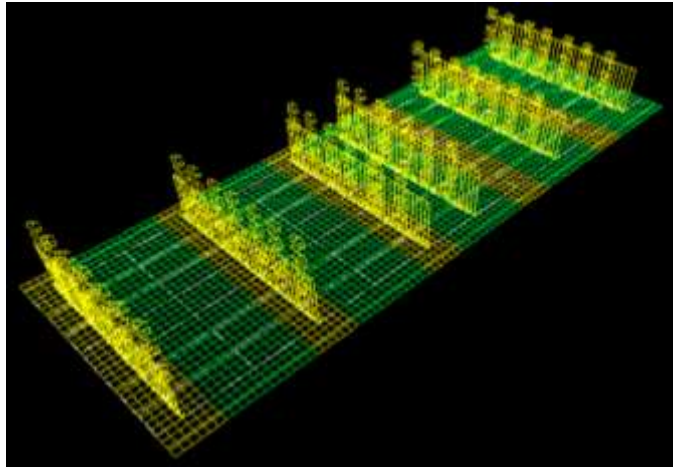
**Beban Terbagi Rata (BTR)**



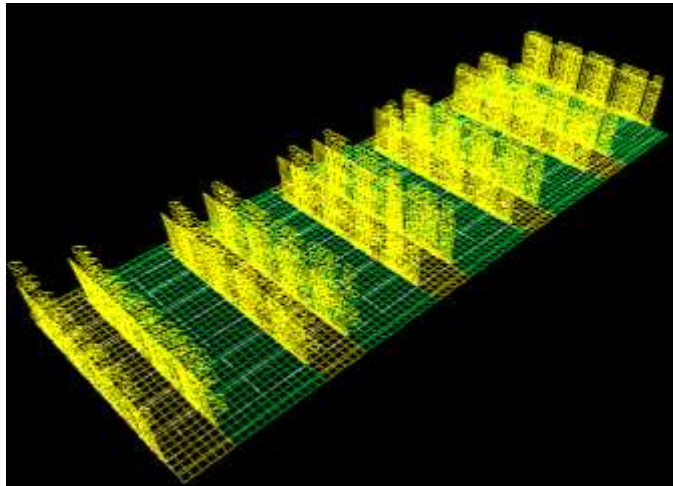
*Gambar 4. 18 Input Pembebanan BGT 1*



*Gambar 4. 19 Input Pembebanan BGT 2*



*Gambar 4. 20 Input Pembebanan BGT 3*



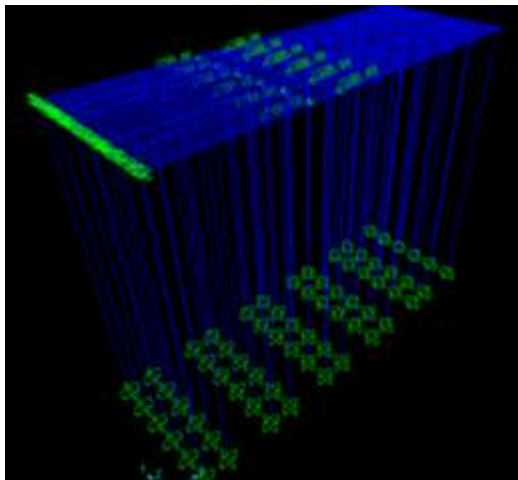
*Gambar 4. 21 Input Pembebanan BGT 4*

## b) Beban Lajur “T”

General Vehicle Data

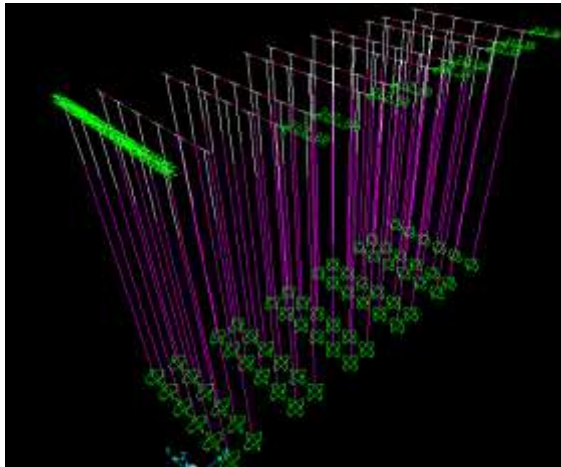
Gambar 4. 22 Input Pembebanan Truk

## a) Beban Rem



Gambar 4. 23 Input Pembebanan Rem

#### 4.4.3 Input Beban Angin



*Gambar 4. 24 Input Pembebanan Angin*

#### 4.4.4 Input Beban Gempa

Function Name:  Function Damping Ratio:

Parameters:

- ☐ No. 31 and 32 from 0000 - to 140 Long
- ☐ No. 31 and 32 from 0000 - to Zip Code
- ☐ No. 31 and 32 from 0000 - to Zip Code

Site Latitude (degrees):

Site Longitude (degrees):

Site Zip Code (5 Digits):

0.2 Sec Spectral Accel. S<sub>0.2</sub>:

1 Sec Spectral Accel. S<sub>1</sub>:

Peak Ground Accel. PGA:

Site Class:

Site Coefficient, F<sub>a</sub>:

Site Coefficient, F<sub>v</sub>:

Site Coefficient, F<sub>pgs</sub>:

Calculated Values for Response Spectrum Curve

S<sub>0.2</sub> = F<sub>a</sub> \* S<sub>0</sub>:

S<sub>0.1</sub> = F<sub>v</sub> \* S<sub>1</sub>:

Define Function:

Period	Acceleration
0.05	0.2625
0.10	0.511
0.15	0.505
0.20	0.505
0.30	0.505
0.40	0.505
0.50	0.505
0.60	0.505
0.70	0.505
0.80	0.505
0.90	0.505
1.00	0.505
1.20	0.505
1.40	0.505
1.60	0.505

Function Graph:

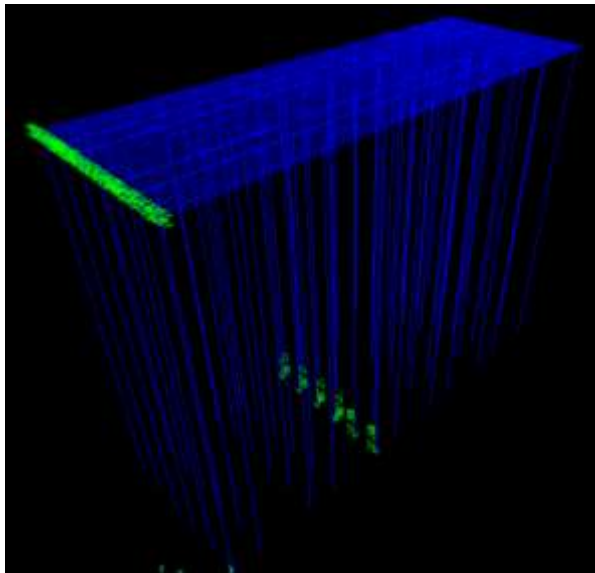
Display Graph:  (2.2279 - 0.2900)

*Gambar 4. 25 Input Beban Gempa Respon Spectra*



#### 4.4.5 Input Beban *Settlement*

Beban settlement yang dimodelkan sebagai joint displacement, diinputkan untuk mempertimbangkan faktor perbedaan settlement yang terjadi akibat perbedaan karakteristik tanah. Beban settlement diambil 1,7 cm dan diinputkan pada satu bentang ujung tiang pancang.



*Gambar 4. 26 Input Beban Settlement*

#### 4.4.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai SNI 1725-2016 sebagai berikut :

##### 4.4.6.1 Kombinasi Keadaan atas Kuat

Kuat I	: $1.3MS + 2MA + 1.8TT + 1.8TD + 1.8TB$ + $1ES$
Kuat II	: $1.3MS + 2MA + 1.4TT + 1.4TD + 1.4TB$ + $1ES$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat III} & : 1.3MS + 2MA + 1.4EW_s + 1ES \\
 \text{Kuat IV} & : 1.3MS + 2MA \\
 \text{Kuat V} & : 1.3MS + 2MA + 1.4EW_s + 1ES
 \end{aligned}$$

#### 4.4.6.2 Kombinasi Keadaan Batas Extrem

$$\begin{aligned}
 \text{Extrem I} & : 1.3MS + 2MA + 0.5TT + 0.5TD + 0.5TB + 1EQ \\
 \text{Extrem II} & : 1.3MS + 2MA + 0.5TT + 0.5TD + 0.5TB
 \end{aligned}$$

#### 4.4.6.3 Kombinasi Daya Layan

$$\begin{aligned}
 \text{Layan I} & : 1MS + 1MA + 1TT + 1TD + 1TB + 0.3EW_s + 1EWL + 1ES \\
 \text{Layan II} & : 1MS + 1MA + 1,3TT + 1,3TD + 1,3TB \\
 \text{Layan III} & : 1MS + 1MA + 0,8TT + 0,8TD + 0,8TB + 1ES \\
 \text{Layan IV} & : 1MS + 1MA + 0.7EW_s + 1ES
 \end{aligned}$$

### 4.5 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

#### 4.5.1 Konstanta Pegas (*Spring Constant*)

Perhitungan spring constant lateral sudah disertai dengan penambahan timbunan platform setebal 2 m.

Diambil pada BH-VIII kedalaman 1 m dengan tiang pancang diameter 60 cm, perhitungan sebagai berikut:

$$N\text{-SPT} = 11,5$$

$$\begin{aligned}
 E_o & = 28 \times N \text{ (nilai N-spt)} \\
 & = 28 \times 11,5 = 332 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_o & = 0,2 \times E_o \times D^{-0.75} \quad (D = 60 \text{ cm}) \\
 & = 2,99 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

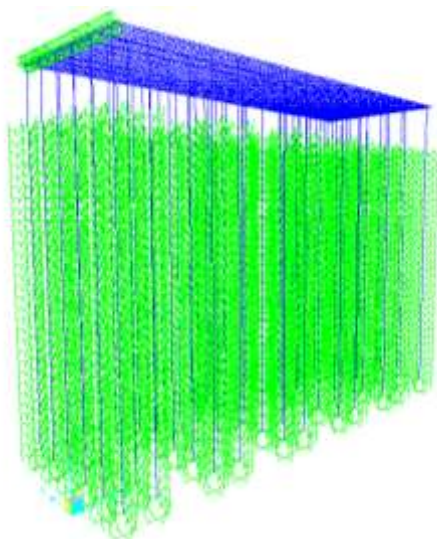
$$\begin{aligned}
 k & = k_o \times y^{-0.5} \quad (y = 1 \text{ cm}) \\
 & = 2,99 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_x = k_y & = k \times D \times dz \quad (D = 0,6 \text{ m}) \\
 & = 1792353,55 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

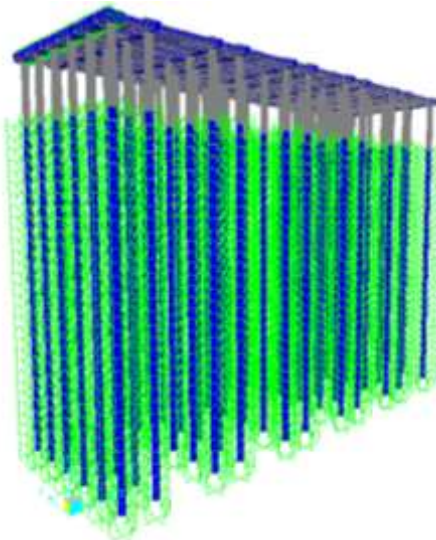
**Tabel 4. 4 Perhitungan Konstanta Pegas**

<b>Depth (m)</b>	<b>N Boring</b>	<b>N Sondir</b>	<b>Eo = 28N Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>ko Kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>k Kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>kx = ky Kg/m</b>
<b>Platform</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	560	5,20	5,20	3117136,61
<b>Platform</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	560	5,20	5,20	3117136,61
0	3	10	280	2,60	2,60	1558568,30
-1	3	11,5	322	2,99	2,99	1792353,55
-2	3	11,5	322	2,99	2,99	1792353,55
-3	3	3	84	0,78	0,78	467570,49
-4	3	3	84	0,78	0,78	467570,49
-5	3	1	84	0,78	0,78	467570,49
-6	3	1	84	0,78	0,78	467570,49
-7	3	1	84	0,78	0,78	467570,49
-8	3	3	84	0,78	0,78	467570,49
-9	5	1	140	1,30	1,30	779284,15
-10	7	1	196	1,82	1,82	1090997,81
-11	9,5	3	266	2,47	2,47	1480639,89
-12	12	1	336	3,12	3,12	1870281,96
-13	12	1	336	3,12	3,12	1870281,96
-14	12	1	336	3,12	3,12	1870281,96
-15	12	3	336	3,12	3,12	1870281,96
-16	12	1	336	3,12	3,12	1870281,96
-17	20	1	560	5,20	5,20	3117136,61
-18	28	3	784	7,27	7,27	4363991,25
-19	16	3	448	4,16	4,16	2493709,28
-20	4	6	168	1,56	1,56	935140,98
-21	8,5	8,5	238	2,21	2,21	1324783,06
-22	13	13	364	3,38	3,38	2026138,79
-23	12,5	12,5	350	3,25	3,25	1948210,38
-24	12	12	336	3,12	3,12	1870281,96
-25	11,5	11,5	322	2,99	2,99	1792353,55

-26	11	11	308	2,86	2,86	1714425,13
-27	35,5	35,5	994	9,22	9,22	5532917,48
-28	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-29	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-30	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-31	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-32	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-33	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-34	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-35	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-36	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-37	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-38	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-39	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82
-40	60	60	1680	15,59	15,59	9351409,82



*Gambar 4. 27 Permodelan Input Spring Lateral*



*Gambar 4. 28 Permodelan Input Spring Lateral*

#### 4.5.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal

- ❖ Diameter tiang pancang : 0,6 m
- ❖ Keliling Tiang :  $\pi \times D$   
:  $\pi \times 0,6 \text{ m} = 1,88 \text{ m}$
- ❖ Berat Tiang ( $W_p$ ) (dari brosur): 393 kg/m
- ❖ Momen inersia ( $I$ ) :  $(\pi \times D^4)/64$   
: 510509 cm<sup>4</sup>

#### ❖ Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor

##### - Gaya geser maksimum dinding tiang ( $R_f$ )

$$R_f = U_p \times \Sigma (l_i \times f_i) \\ = f_i \cdot l_i \cdot O + \Sigma f_i \cdot l_i \cdot O$$

##### - Daya dukung pada ujung tiang bor ( $R_t$ )

$$R_t = q_d \times A$$

$$\text{Harga } N \text{ ujung tiang (N1)} = 60 \text{ blow/m}$$

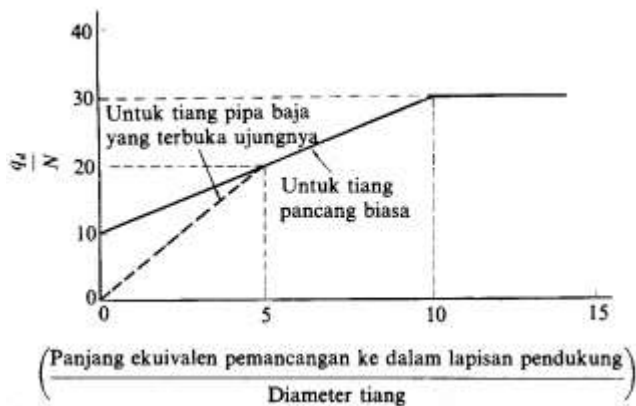
Nilai rata-rata N SPT Jarak 4D dari ujung tiang (N2)

$$\frac{35 + 60 + 60}{3} = 52 \text{ blow/m}$$

Panjang penetrasi tiang sampai ke lapisan pendukung =  $4 \times D = 4 \times 0,6 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$

$$N = (N_1 + N_2)/2 = (60+52)/2 = 56 \text{ blow/m}$$

$q_d/N = 11,2$  (Grafik 6.7 Kazuto Nakazawa)



- Daya Dukung Ultimate Tiang ( $R_u$ )  
 $R_u = R_f + R_t$
- Daya Dukung Ijin Tiang  
 $R_a = (R_u / SF) - W_p$

***Tabel 4. 5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang***

<b>Depth (m)</b>	<b>Jenis tanah</b>	<b>N- SPT</b>	<b>P friction (Rf) (Ton)</b>	<b>P bearing (Rt) (Ton)</b>	<b>Pu (Ton)</b>	<b>Pu pemancangan (Ton)</b>	<b>P bearing SF = 3 (Ra) (Ton)</b>	<b>P bearing SF = 2 (Ra) (Ton)</b>	<b>P pull out SF = 3 (Ton)</b>	<b>P pull out SF = 2 (Ton)</b>
0	Lempung Berlanau	10	31,40	16,96	32,66	16,96	5,65	8,48	10,47	15,70
-1	Lempung Berlanau	12	53,08	16,96	43,49	70,03	23,34	35,02	17,69	26,54
-2	Lempung Berlanau	12	74,75	16,96	54,33	91,71	30,57	45,85	24,92	37,38
-3	Lempung Berlanau	3	80,41	16,96	57,16	97,36	32,45	48,68	26,80	40,20
-4	Lempung Berlanau	3	86,06	16,96	59,99	103,02	34,34	51,51	28,69	43,03
-5	Lempung Berlanau	1	87,95	16,96	60,93	104,90	34,97	52,45	29,32	43,97
-6	Lempung Berlanau	1	89,83	16,96	61,87	106,79	35,60	53,39	29,94	44,92
-7	Lempung Berlanau	1	91,72	16,96	62,82	108,67	36,22	54,34	30,57	45,86
-8	Lempung	3	97,37	16,96	65,64	114,33	38,11	57,16	32,46	48,69

	Berlanau									
-9	Lempung Berlanau	1	99,26	28,26	77,89	127,52	42,51	63,76	33,09	49,63
-10	Lempung Berlanau Berpasir	1	101,14	39,56	90,14	140,71	46,90	70,35	33,71	50,57
-11	Lempung Berlanau Berpasir	3	106,80	53,69	107,09	160,49	53,50	80,25	35,60	53,40
-12	Lempung Berlanau Berpasir	1	108,68	67,82	122,17	176,51	58,84	88,25	36,23	54,34
-13	Lempung Berlanau Berpasir	1	110,57	67,82	123,11	178,39	59,46	89,20	36,86	55,28
-14	Lempung Berlanau Berpasir	1	112,45	67,82	124,05	180,28	60,09	90,14	37,48	56,23
-15	Lempung Berlanau Berpasir	3	118,11	67,82	126,88	185,93	61,98	92,97	39,37	59,05
-16	Lempung Berlanau Berpasir	1	119,99	67,82	127,82	187,82	62,61	93,91	40,00	60,00



	Berkerikil									
-17	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil	1	121,88	113,04	173,98	234,92	78,31	117,46	40,63	60,94
-18	Lempung Berlanau	3	127,53	158,26	222,02	285,79	95,26	142,89	42,51	63,77
-19	Lempung Berlanau	3	133,19	90,43	157,03	223,62	74,54	111,81	44,40	66,59
-20	Lempung Berlanau	6	144,50	22,61	94,86	167,11	55,70	83,55	48,17	72,25
-21	Lempung Berlanau Berpasir	9	160,52	48,04	128,30	208,56	69,52	104,28	53,51	80,26
-22	Lempung Berlanau Berpasir	13	183,14	73,48	165,05	256,61	85,54	128,31	61,05	91,57
-23	Lempung Berlanau Berpasir	13	205,76	70,65	173,53	276,41	92,14	138,20	68,59	102,88
-24	Lempung Berlanau Berpasir	12	228,38	67,82	182,01	296,20	98,73	148,10	76,13	114,19
-25	Lempung	12	250,05	65,00	190,03	315,05	105,02	157,53	83,35	125,03

	Berlanau Berpasir									
-26	Lempung Berlanau Berpasir	11	270,79	62,17	197,57	332,96	110,99	166,48	90,26	135,39
-27	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	36	284,17	200,65	342,73	484,82	161,61	242,41	94,72	142,09
-28	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	303,02	226,08	377,59	529,10	<b>176,37</b>	<b>264,55</b>	<b>101,01</b>	<b>151,51</b>
-29	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	321,87	226,08	387,02	547,95	182,65	273,98	107,29	160,94
-30	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	344,49	226,08	398,33	570,57	190,19	285,29	114,83	172,25
-31	Pasir Berkerikil Berbatu	60	363,34	226,08	407,75	589,42	196,47	294,71	121,11	181,67

	Berlanau									
-32	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	382,19	226,08	417,18	608,27	202,76	304,14	127,40	191,10
-33	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	401,04	226,08	426,60	627,12	209,04	313,56	133,68	200,52
-34	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	419,89	226,08	436,02	645,97	215,32	322,98	139,96	209,94
-35	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	438,74	226,08	445,45	664,82	221,61	332,41	146,25	219,37
-36	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	457,59	226,08	454,87	683,67	227,89	341,83	152,53	228,79
-37	Pasir Berkerikil Berbatu	60	476,44	226,08	464,30	702,52	234,17	351,26	158,81	238,22

	Berlanau									
-38	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	495,29	226,08	473,72	721,37	240,46	360,68	165,10	247,64
-39	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	514,14	226,08	483,15	740,22	246,74	370,11	171,38	257,07
-40	Pasir Berkerikil Berbatu Berlanau	60	532,99	226,08	492,57	759,07	253,02	379,53	177,66	266,49

#### 4.5.3 Desain Struktur Pondasi Tiang

Pada bagian ujung atas tiang pancang (cut of pile) diberi isian beton bertulang atau pile head treatment (PHT) sepanjang 6 m untuk menambah kekuatan tiang pancang. Berikut merupakan permodelan struktur pondasi yang dimodelkan menggunakan SAP2000.

##### Kriteria Pile Head Treatment (PHT)

- Mutu beton,  $f_c'$  = 30 Mpa
- Diameter tul.utama, D = 25 mm
- Jumlah tulangan, n = 22 buah
- Diameter tul.spiral,  $\emptyset$  = 12 mm
- Jarak tulangan Sengkang, s = 80 mm

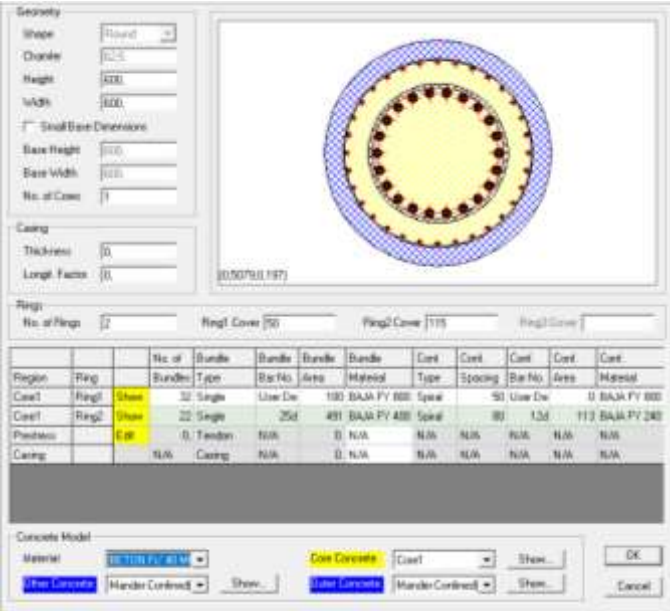
Kriteria spun pile yang digunakan pada penampang komposit :

- Diameter dan mutu = 60 cm tipe C
- Mutu beton,  $f_c'$  K-600 = 49,8 Mpa
- Diameter wire,  $\emptyset$  = 9 mm
- Jumlah wire, n = 32 mm
- Diameter spiral,  $\emptyset$  = 4 mm
- Jarak spiral, s = 50 mm

Kriteria spun pile yang digunakan :

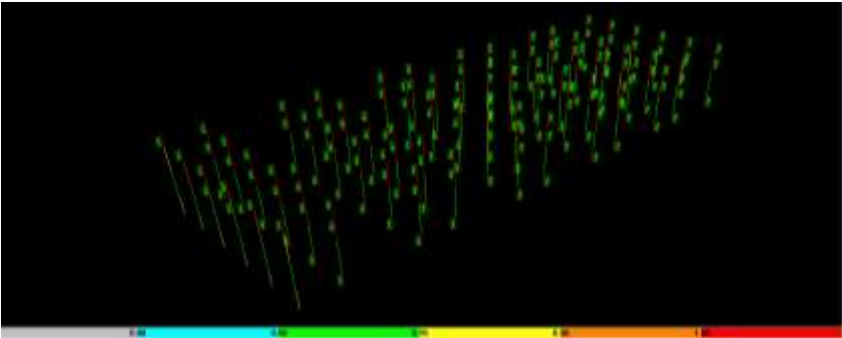
- Diameter dan mutu = 60 cm tipe B
- Mutu beton,  $f_c'$  K-600 = 49,8 Mpa
- Diameter wire,  $\emptyset$  = 9 mm
- Jumlah wire, n = 24 mm
- Diameter spiral,  $\emptyset$  = 4 mm
- Jarak spiral, s = 50 mm

Spun pile dan pile head treatment dimodelkan komposit dengan mengambil nilai rata-rata mutu beton  $f_c' = 40$  Mpa



Gambar 4. 29 Permodelan Spun Pile dan PHT

Berikut merupakan hasil perhitungan struktur pondasi yang ditampilkan berupa kapasitas rasio penampang dan concrete design data.



Gambar 4. 30 Kapasitas Rasio Struktur Pondasi

Concrete Design Data: ACI 318-05/IBC2003

File

ACI 318-05/IBC2003 COLUMN SECTION DESIGN Type: Swag Ordinary Units: Tonf, m, C (Swagary)

Element :	K28	D=0,600	D=0,600	di=0,000
Section ID :	SP + PHT (008)	E=3827348,19	fc=4800,045	lt. Mod. Fac.=1,000
Custom ID :	EXTRN 1 -02- SER	L=1,000	fy=24475,180	fy<24475,180
Station loc :	0,000	SLF=1,000		

Phi(Compression-Spiral):	0,700
Phi(Compression-Tied):	0,650
Phi(Tension Controlled):	0,900
Phi(Shear):	0,750
Phi(Seismic Shear):	0,600
Phi(Joint Shear):	0,950

ACIAL FORCE & RIGIDITY	INHERENT CHECK FOR PH, M2, M3				
Capacity	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
Ratio	Ph	M2	M3	M2	M3
0,5/ 0,10	-14,372	30,167	123,400	8,678	8,678

ACIAL FORCE & RIGIDITY	INHERENT FACTORS				
	Cm	Delta ss	Delta s	R	L
	Factor	Factor	Factor	Factor	Length
Major Bending(M2)	0,901	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending(M3)	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000

SHEAR DESIGN FOR M2,M3	Rebar	Shear	Shear	Shear	Shear
	Ro/s	Ro	phi*Ro	phi*Ro	Ro
Major Shear(M2)	8,000	33,028	17,607	15,619	8,000
Minor Shear(M3)	8,000	101,116	22,924	8,000	101,116

JOINT SHEAR DESIGN	Joint	Shear	Shear	Shear	Joint
	Ratio	Overlap	Overlap	phi*Ro	Area
Major Shear(M2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(M3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

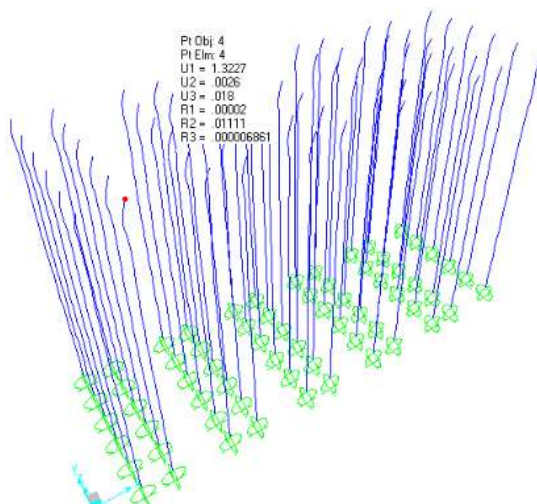
*Gambar 4. 31 Hasil Perhitungan Struktur Pondasi Output SAP2000*

#### 4.6 Kontrol Pergoyangan Lateral

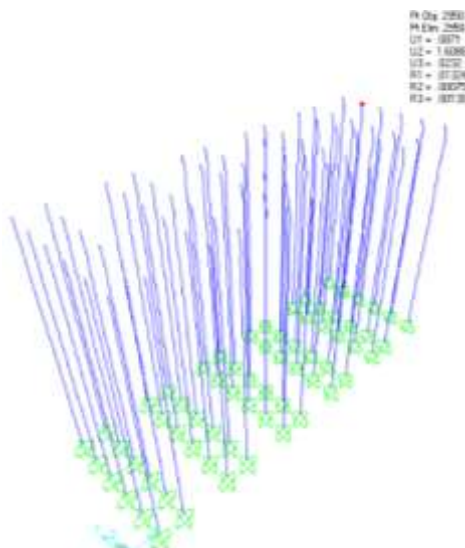
Deformasi ijin pergoyangan pondasi tiang pancang di tinjau dari deformasi pada permukaan tanah dan deformasi diatas permukaan tanah.

##### Deformasi Ijin pada Permukaan Tanah

Deformasi ijin pada permukaan tanah adalah sebesar 1 inc atau sama dengan 2,54 cm (sanglerat 1972).



**Gambar 4. 32 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah X**



**Gambar 4. 33 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah Y**



Deformasi pada permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi  $< 2,54$  cm

1,3227 cm  $< 2,54$  cm **(Memenuhi)**

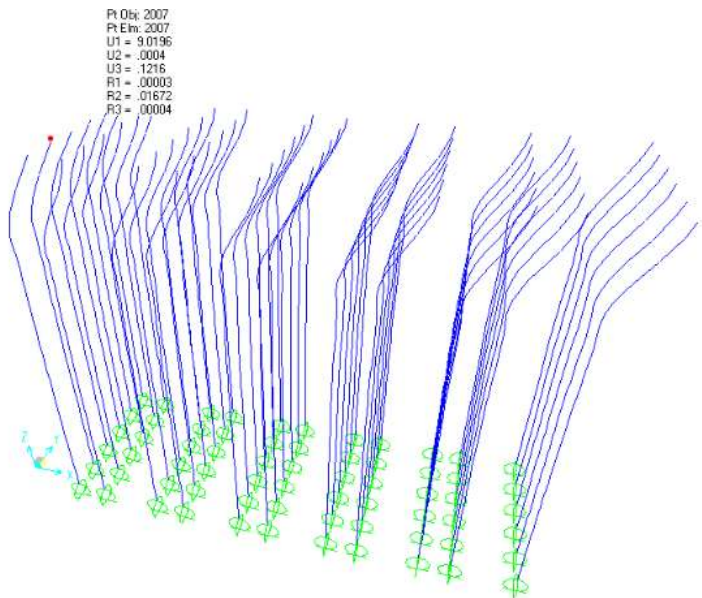
Deformasi pada permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi  $< 2,54$  cm

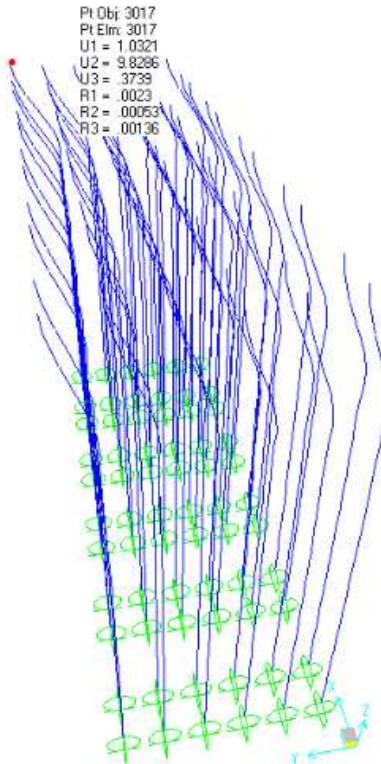
1,6088 cm  $< 2,54$  cm **(Memenuhi)**

### **Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah**

Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1 tabel 16 Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV dengan deformasi ijin  $0,010h = 0,01 \times 6 \text{ m} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$



***Gambar 4. 34 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah X***



***Gambar 4. 35 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah Y***

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi  $< 6$  cm

9,02 cm  $> 6$  cm **(Tidak Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi  $< 6$  cm

9,83 cm  $> 6$  cm **(Tidak Memenuhi)**

Karena kontrol pergoyangan lateral tidak memenuhi deformasi ijin, maka dipasang *bracing* profil baja.

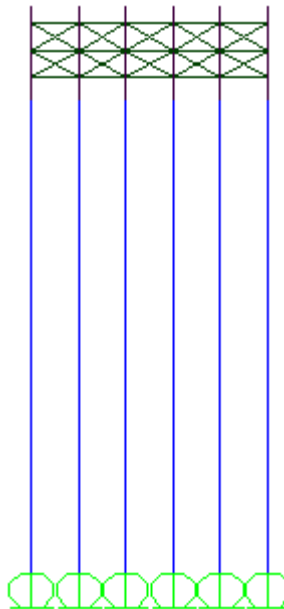
## 4.7 Perencanaan *Bracing* Profil Baja

### 4.7.1 Perencanaan Penempatan *Bracing*

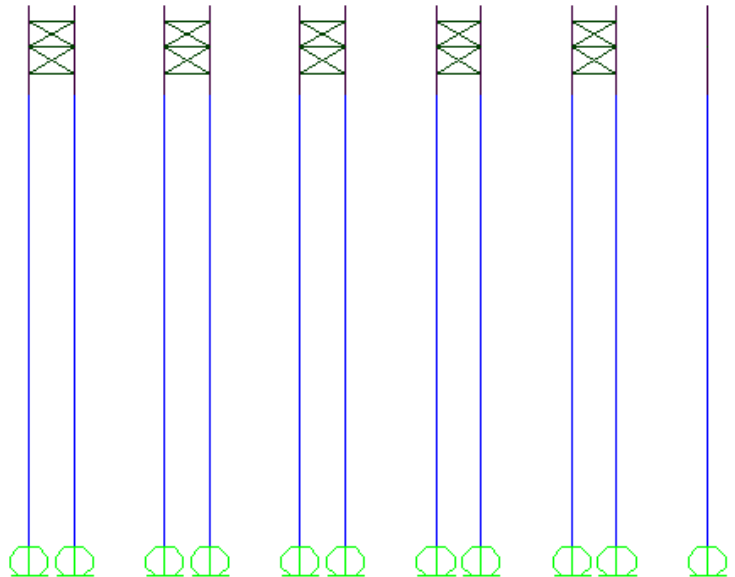
*Bracing* dari profil baja direncanakan dipasang pada arah melintang dan memanjang struktur *piled slab*, telah dilakukan beberapa permodelan macam-macam *bracing* yang akan dipasang pada *pile*, untuk menemukan tipe *bracing* yang efektif digunakan.

#### 1. Permodelan *Bracing* dari Baja Tulangan

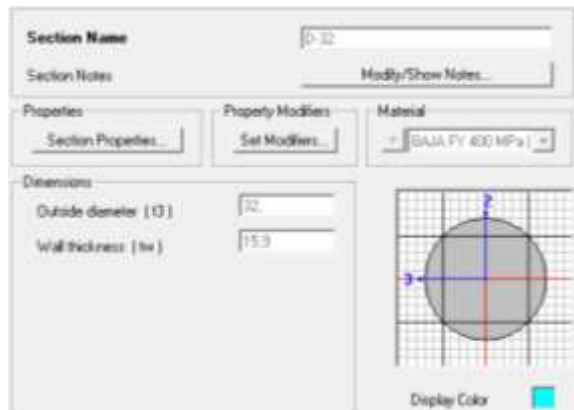
Pada permodelan ini *bracing* berbentuk tulangan tidak dirancang menerima gaya tekan maupun momen, hanya menerima gaya tarik saja.



*Gambar 4. 36 Tampak Melintang Rencana Pemasangan Bracing Tulangan pada Pile*

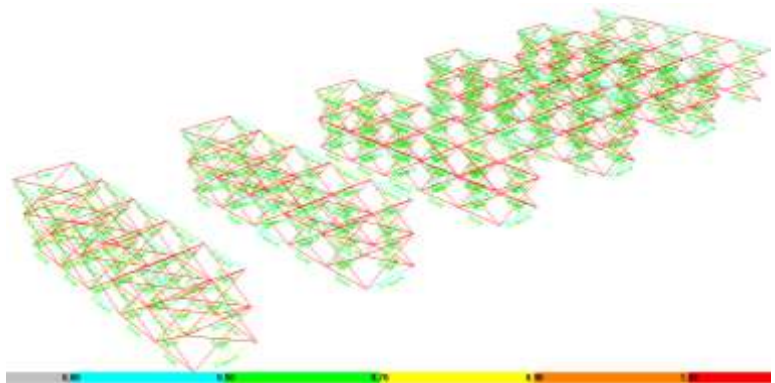


**Gambar 4. 37 Tampak Memanjang Rencana Pemasangan Bracing Tulangan pada Pile**

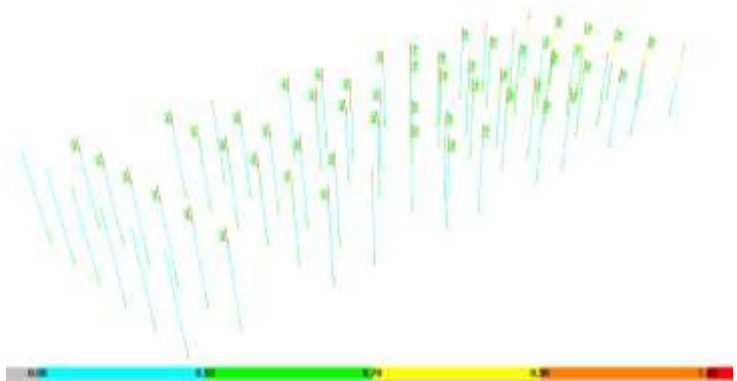


**Gambar 4. 38 Properties Baja Tulangan yang Dipakai untuk Bracing**

Pemasangan bracing direncanakan diameter ulir 32 mm, menyilang pada bentang diagonal, dan batang horizontal yang terhubung dengan pelat buhul pada clamp tiang pancang. Diameter tulangan baja yang digunakan langsung direncanakan berdiameter maksimum yaitu 32 mm, untuk langsung di lakukan kontrol awal pada permodelan antara lain: stress rasio pada bracing tulangan baja dan pada tiang pancang. Apabila kontrol awal tersebut tidak memenuhi, maka pemilihan bracing dengan tulangan baja ini tidak bisa digunakan, karena sudah tidak dapat diperbesar lagi diameter tulangannya dan tidak memungkinkan penambahan tulangan baja lagi pada pile, karena permodelan yang dilakukan sudah maksimum dipasang pada semua pile baik arah memanjang maupun arah melintang.



***Gambar 4. 39 Hasil Stress Rasio pada Bracing Tulangan Baja***

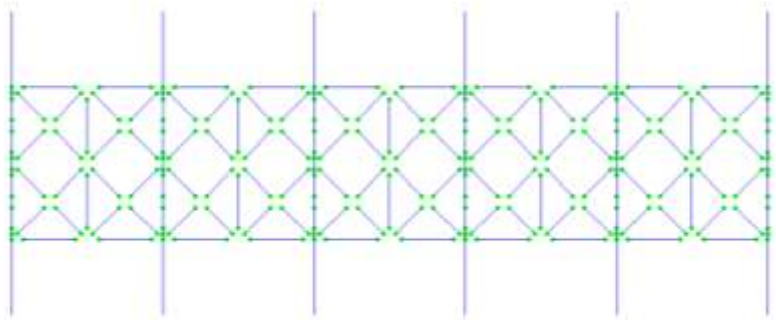


***Gambar 4. 40 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang***

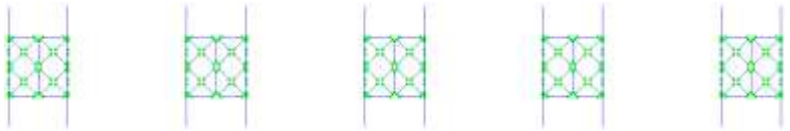
Karena kontrol stress rasio pada bracing maupun pada tiang pancang memiliki nilai  $\geq 1$ , maka kontrol stress rasio tidak memenuhi. Dan dilakukan lagi percobaan permodelan bracing.

## **2. Permodelan Bracing Bentuk Rangka dari Profil Baja dengan Menggunakan Sambungan Pelat Buhul.**

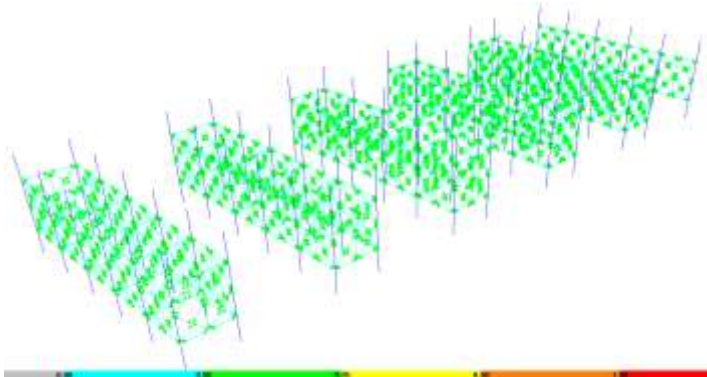
Pada permodelan ini bracing berbentuk profil baja dengan sistem Konstruksi Rangka Batang (KRB) dengan dirancang menerima gaya tekan maupun gaya tarik, dan tidak menerima momen. Pada permodelan SAP2000 frame bracing di setiap ujung-ujungnya dan perpotongan batang-batang diagonalnya di realese terhadap M3 dan M2. Profil baja yang digunakan antara lain profil siku tunggal, profil canal dan profil hollow. Dari beberapa profil baja tersebut dicari tipe bracing yang memenuhi kontrol awal stress rasio.



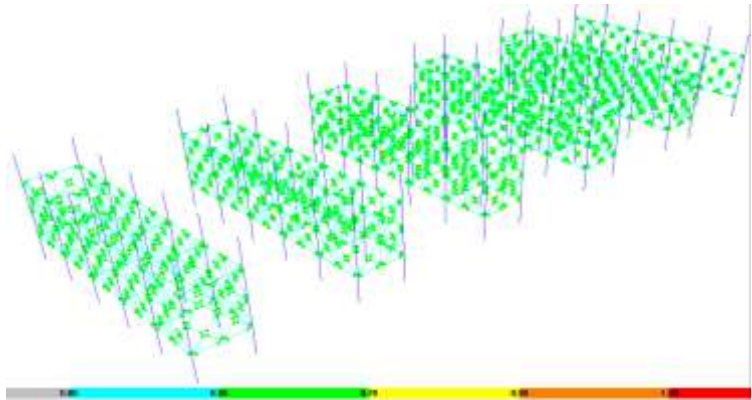
**Gambar 4. 41 Tampak Melintang Rencana Pemasangan Bracing Rangka Batang pada Pile**



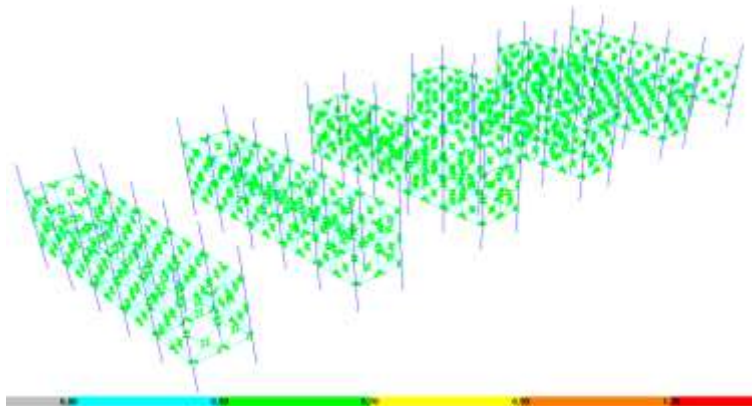
**Gambar 4. 42 Tampak Memanjang Rencana Pemasangan Bracing Rangka Batang pada Pile**



**Gambar 4. 43 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Siku**



***Gambar 4. 44 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Canal***



***Gambar 4. 45 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Hollow***



BEGIN ANALYSIS

2018/06/26 22:22:36

RUNNING ANALYSIS WITHIN THE GUI PROCESS  
USING THE ADVANCED SOLVER (PROVIDES LIMITED INSTABILITY INFORMATION)

ELEMENT FORMATION

22:22:36

REDUCTION OF CONSTRAINTS AND RESTRAINTS:

NUMBER OF		
CONSTRAINT MASTER DOF BEFORE REDUCTION	=	117
COUPLED CONSTRAINT/RESTRAINT MASTER DOF	=	0
CONSTRAINT MASTER DOF AFTER REDUCTION	=	117

LINEAR EQUATION SOLUTION

22:22:37

FORMING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS	=	38553
NUMBER OF NON-ZERO STIFFNESS TERMS	=	782451

\*\*\* WARNING \*\*\*  
ZERO VALUES WERE DETECTED ON THE DIAGONAL DURING EQUATION  
ASSEMBLY.  
THESE VALUES WERE CHANGED TO 0.1E-09  
TO OBTAIN FURTHER INFORMATION, USE THE STANDARD SOLVER.

NUMBER OF EIGENVALUES BELOW SHIFT	=	0
-----------------------------------	---	---

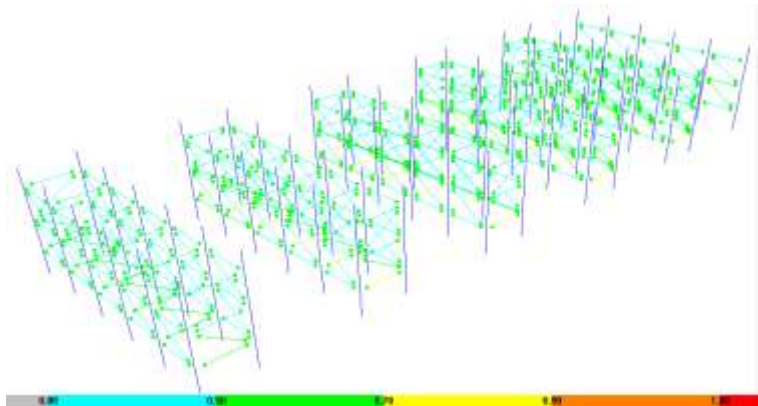
LINEAR STATIC CASES

22:22:39

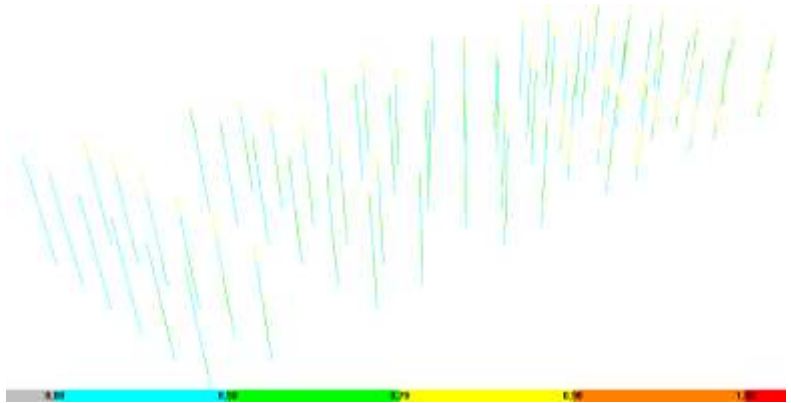
Hasil dari report running program SAP2000 menunjukkan bahwa permodelan frame bracing yang direlease pada perpotongan diagonal antar frame, dianggap memiliki joint yang tidak menyatu. Sehingga hasil dari permodelan tidak bias dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

### 3. Permodelan Bracing dari Profil Baja Menggunakan Sambungan Plat Buhul pada Clamp Pile.

Pada permodelan ini bracing berbentuk profil baja yang dirancang menerima gaya tekan maupun gaya tarik, dan tidak menerima momen. Pada permodelan SAP2000 frame bracing di setiap ujung-ujungnya di realese terhadap M3 dan M2. Profil baja yang digunakan adalah profil double siku, yang terdiri dari batang diagonal dan batang horisontal, tanpa ada perpotongan antar batang diagonal. Batang horisontal memakai profil double siku 100.100.10 dan batang diagonal memakai profil double siku 150.150.15.



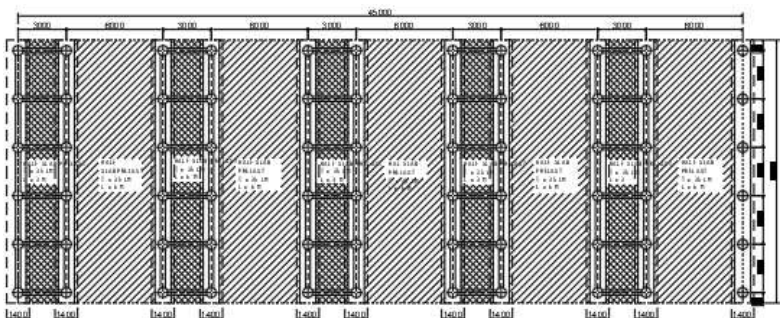
*Gambar 4. 46 Hasil Stress Rasio pada Bracing Profil Siku*



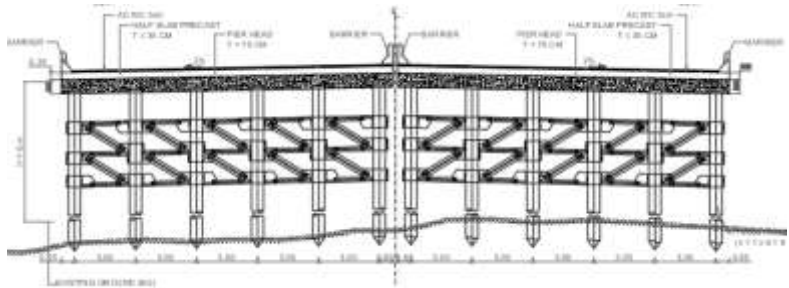
**Gambar 4. 47 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang**

Karena berdasarkan hasil kontrol stress rasio batang bracing maupun tiang pancang memiliki nilai  $< 1$ , maka kontrol stress rasio memenuhi. Sehingga bracing dari profil baja menggunakan sambungan plat buhul pada clamp pile ini yang akan dipakai.

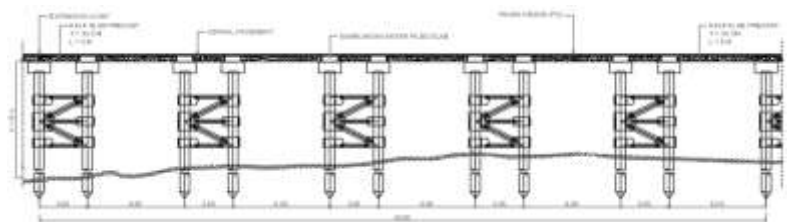
Dengan metode pile grup slab, perencanaan denah sebagai berikut:



**Gambar 4. 48 Denah Rencana Pemasangan Bracing pada Piles Slab**



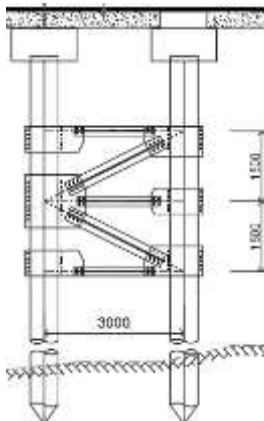
**Gambar 4. 49 Potongan Melintang Rencana Pemasangan Bracing**



**Gambar 4. 50 Potongan Memanjang Rencana Pemasangan Bracing**

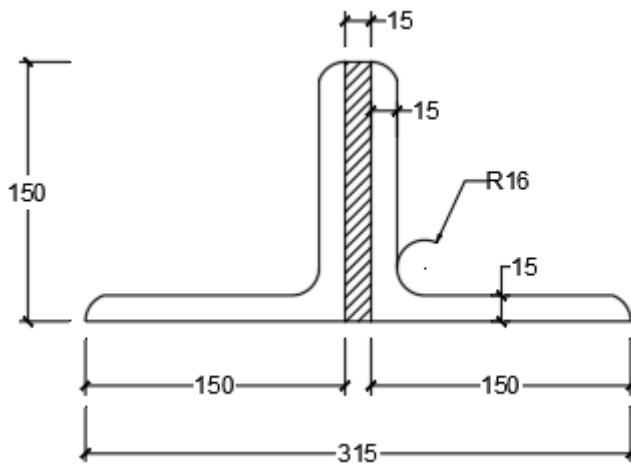
#### 4.7.2 Perhitungan Bracing Diagonal

##### Data perencanaan:



**Gambar 4. 51 Jarak Pemasangan Bracing**

Jenis baja	= BJ 41
Tegangan putus ( $f_u$ )	= 410 Mpa
Tegangan leleh ( $f_y$ )	= 250 Mpa
Jarak bresing	= 1,75 m
Jarak antar spun pile	= 3 m
Sudut pemasangan bresing	= 30,26 °
Profil yang digunakan: Double siku 150.150.15	
b	= 150 mm
d	= 15 mm
$A_g$	= 91,40 cm <sup>2</sup>
$i_x = i_y$	= 4,56 cm
$I_x = I_y$	= 949 cm <sup>4</sup>
e	= 4,29 cm
$i_n$	= 2,93 cm



Sifat mekanis baja struktural yang digunakan

Modulu elastisitas (E) : 200000 Mpa  
(SNI 1729:2015 Pasal B4.1)

Modulus geser (G) : 77200 Mpa  
(SNI 1729:2015 Pasal E4)

**Output Gaya dari SAP 2000:**

Didapatkan hasil gaya aksial maksimal adalah:

Gaya Tekan = -114845,5 kg **EXTREM I -D2- 1EX**

Gaya Tarik = 113357,28 kg **EXTREM I -D3- 1EX**

**Cek Kontrol Profil Tekan**

Profil yang digunakan : 150 . 150 . 16

Diketahui :    Nu    = 114845,50    kg  
                       A    = 91,40            cm<sup>2</sup>  
                       ix=iy = 4.56            cm  
                       L    = 3.47                M  
                       Ix=Iy = 949                cm<sup>4</sup>  
                       e    = 4,29                cm<sup>2</sup>  
                       in    = 2,94                cm

Periksa kelangsingan penampang:

Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong, elemen yang tidak diperkaku, yaitu, yang ditumpu pada salah satu sisinya	$b/t$	-	$200 / \sqrt{f_y}$
---	-------	---	--------------------

Sumber : SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1

Flens :

$$\frac{b}{t} = \frac{150}{16} = 9,375$$


$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{16} = 12,649$$

Syarat :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}}$$

$$9,375 = 12,65 \quad \text{OK}$$

Kondisi tumpuan sendi-sendu, maka  $k = 1$

Garis terputus menunjukkan bagian kolom terlewat	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $k$ , teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai $k$ yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung	 Jepit Sendi Batang tanpa putaran sendi Ujung bebas					



$$\lambda_x = \frac{L}{i_y} = \frac{3473}{29} = 118.536$$

Sumbu beban (Sumbu X)

$$\lambda_x = \frac{kL}{i_y} = \frac{3473}{46} = 76.165$$

Sumbu bebas bahan (Sumbu Y)

Cek kelangsingan sumbu bebas (sumbu y) sesuai SNI 03 1729 2002 pasal 9.3.7

Direncanakan tebal plat simpul (t) = 10 mm

$$I_y = 2 \left( I_y + A_g \left( e_y + \frac{tp}{2} \right)^2 \right) = 20221212 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = 47 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{kL}{i_y} = \frac{3473}{47} = 73.839$$

Kelangsingan ideal :

$$\lambda_{iv} = \sqrt{\lambda_v^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} = 139,65$$

**Sesuai SNI 03 1729 2002 pasal 9.5.1**  $m = 2$

Karena  $\lambda_{iy} > \lambda$  , maka tekuk terjadi paa arah sumbu bebas bahan

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_{iy}}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,16$$

Nilai  $\lambda_{cy} = 0,16$  , untuk  $\lambda_c < 0,25$  maka nilai  $\omega = 1$

Kuat tekuk nominal

$$N_n = \phi \cdot f_{cr} = \phi \cdot A_g \frac{f_y}{\omega} = 2285000,00 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{114846 \text{ kg}}{194225 \text{ kg}} = 0.591 < 1 \quad \text{OK}$$

### **Cek Kontrol Profil Tarik**

Diketahui :

$$N_u = 113357,28 \text{ kg}$$

$$\phi \text{ lelah} = 0,9$$

$$\phi \text{ fraktur} = 0,75$$

$$U \text{ fraktur} = 0,85$$

*(Koefisien reduksi untuk penampang lain(termasuk penampang tersusun) dengan jumlah alat pengencang minimal 3 buah per baris (LRFD hal 48))*

$$\begin{aligned} \text{BJ 37} \quad &= f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek kondisi leleh

$$N_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 2056500 \text{ N}$$



Cek kondisi fraktur

$$A_e = U \cdot A_g = 7769 \text{ mm}^2$$

$$N_n = \phi \cdot A_e \cdot f_y = 1456687,5 \text{ N}$$

Karena cek kondisi fraktur lebih kecil dari cek kondisi leleh maka tahanan nominal menentukan pada kondisi fraktur.

**Berdasarkan SNI 03 1729 2002 pasal 10.1 komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktur N1 harus memenuhi**

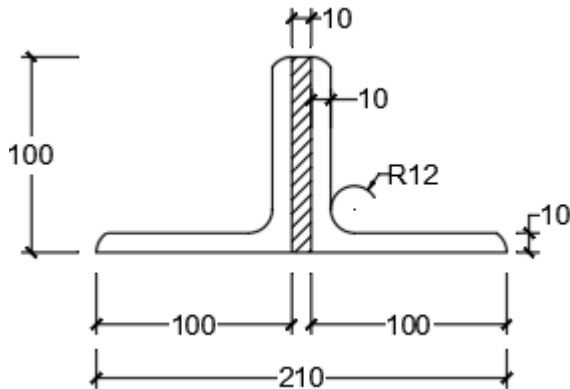
$$\begin{array}{rcl} T_u & < & \phi T_n \\ 113357,28 & < & 145668,75 \quad \text{OK} \end{array}$$

**Maka breaching profil dobel siku 150.150.16 memenuhi syarat batang tarik.**

#### 4.7.3 Perencanaan Bracing Horizontal

##### Data perencanaan:

Jenis baja	= BJ 41
Tegangan putus ( $f_u$ )	= 410 Mpa
Tegangan leleh ( $f_y$ )	= 250 Mpa
Jarak bresing	= 1,75 m
Jarak antar spun pile	= 3 m
Sudut pemasangan bresing	= 30,26 °
Profil yang digunakan:	Double siku 100.100.10
b	= 100 mm
d	= 10 mm
$A_g$	= 38,40 cm <sup>2</sup>
$i_x = i_y$	= 3.04 cm
$I_x = I_y$	= 177 cm <sup>4</sup>
e	= 2,85 cm
$i_n$	= 1,95 cm



Sifat mekanis baja struktural yang digunakan

Modulu elastisitas (E) : 200000 Mpa  
(SNI 1729:2015 Pasal B4.1)

Modulus geser (G) : 77200 Mpa  
(SNI 1729:2015 Pasal E4)

### **Output Gaya dari SAP 2000:**

Didapatkan hasil gaya aksial maksimal adalah:

Gaya Tekan = -45945,80 kg **EXTREM I -D2- 1EY**

Gaya Tarik = 45717,42 kg **EXTREM I -D4- 1EY**

### **Cek Kontrol Profil Tekan**

Profil yang digunakan : 100 . 100 . 10

Diketahui :	Nu	= 45945,80	kg
	A	= 38,40	cm <sup>2</sup>
	ix=iy	= 3,04	cm
	L	= 3.00	m
	Ix=Iy	= 177	cm <sup>4</sup>
	e	= 2,82	cm <sup>2</sup>
	in	= 1,95	cm

Periksa kelangsingan penampang:

Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong, elemen yang tidak diperkaku, yaitu, yang ditumpu pada salah satu sisinya	$b/t$	.	$200 / \sqrt{f_y}$
---	-------	---	--------------------

Sumber : SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1

Flens :

$$\frac{b}{t} = \frac{100}{10} = 10$$

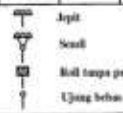

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{16} = 12,649$$

Syarat :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}}$$

$$10 \leq 12.6 \quad \text{OK}$$

Kondisi tumpuan sendi-sendi, maka  $k = 1$

<p>Garis terputus menunjukkan diagram beban terdistribusi</p>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
Nilai $\phi$ teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0	
Nilai $\phi$ yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0	
Kode ujung	 <p>Jepit Sendi Beban tanpa putaran sudut Ujung bebas</p>						

$$\lambda_x = \frac{L}{i_\eta} = \frac{3000}{20} = 153,846$$

Sumbu beban (Sumbu X)

$$\lambda_x = \frac{kL}{i_\eta} = \frac{3000}{30} = 98,684$$

Sumbu bebas bahan (Sumbu Y)

Cek kelangsingan sumbu bebas (sumbu y) sesuai SNI 03 1729 2002 pasal 9.3.7

Direncanakan tebal plat simpul (t) = 10 mm

$$I_y = 2 \left( I_y + A_g \left( e_y + \frac{tp}{2} \right)^2 \right) = 3948576 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = 32 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{kL}{i_y} = \frac{3000}{32} = 93,555$$

Kelangsingan ideal :

$$\lambda_{iv} = \sqrt{\lambda_v^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} = 189,06$$

Sesuai SNI 03 1729 2002 pasal 9.5.1  $m = 2$

Karena  $\lambda_{iy} > \lambda_x$  , maka tekuk terjadi paa arah sumbu bebas bahan

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_{iy}}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,20$$

Nilai  $\lambda_{cy} = 0,16$  , untuk  $\lambda_c < 0,25$  maka nilai  $\omega = 1$

Kuat tekuk nominal

$$N_n = \phi \cdot f_{cr} = \phi \cdot A_g \frac{f_y}{\omega} = 960000 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{114846 \text{ kg}}{194225 \text{ kg}} = 0.563 < 1 \quad \text{OK}$$

### **Cek Kontrol Profil Tarik**

Diketahui :

$$N_u = 113357,28 \text{ kg}$$

$$\phi \text{ lelah} = 0,9$$

$$\phi \text{ fraktur} = 0,75$$

$$U \text{ fraktur} = 0,85$$

*(Koefisien reduksi untuk penampang lain(termasuk penampang tersusun) dengan jumlah alat pengencang minimal 3 buah per baris (LRFD hal 48)*

$$BJ 37 = f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

Cek kondisi leleh

$$N_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 864000 \text{ N}$$

Cek kondisi fraktur

$$A_e = U \cdot A_g = 3264 \text{ mm}^2$$

$$N_n = \phi \cdot A_e \cdot f_y = 612000 \text{ N}$$

Karena Cek kondisi fraktur lebih kecil dari Cek kondisi leleh maka tahanan nominal menentukan pada kondisi fraktur.

**Berdasarkan SNI 03 1729 2002 pasal 10.1 komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N1 harus memenuhi**

$$\begin{array}{rcl} T_u & < & \phi T_n \\ 45717,42 & < & 61200 \quad \text{OK} \end{array}$$

**Maka breaching profil double siku 100.100.10 memenuhi syarat batang tarik.**

#### 4.7.4 Perencanaan Sambungan Baut Double Siku Tipe- A

##### Data Perencanaan :

$\phi$ leleh	= 0,9
$\phi$ fraktur	= 0,75
U fraktur	= 0,85
Diameter baut	= 25 + 3 = 28 mm
$f_u$	= 410 Mpa
$f_y$	= 250 Mpa

##### Perhitungan jarak antar baut:

Jarak horisontal (baut ke baut):

$$3db < S < (4t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$84 < S < 225 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

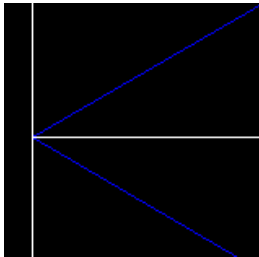
Jadi jarak antar baut  $S = 100 \text{ mm}$

Jarak horisontal (baut ke tepi plat):

$$1,5db < S_1 < (4t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$42 < S_1 < 160 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

Jadi jarak baut ke tepi pelat  $S_1 = 75 \text{ mm}$

**DETAIL A**

Batang miring atas : 79647,6 kg  
 Batang tengah : 14743,8 kg  
 Batang miring bawah : 114846 kg

Maka,  $N_u = 114846 \text{ kg}$

**CEK PLAT SAMBUNG**

Tebal plat (t) = 15 mm  
 $A_g = 358875 \text{ mm}^2$   
 $A_n = (A_g - \text{jml baut} \times \text{lebar lubang} \times \text{tebal pelat})$   
 $= 35835 \text{ mm}^2$

Periksa terhadap syarat  $A_n \leq 0,85 A_g$

$A_n < 0,85 A_g$   
 $35835 > 305044$  **NO OK**

$A_n \text{ pakai} = 305044 \text{ mm}^2$   
 $A_e = A_n = 305044 \text{ mm}^2$

**Kondisi Leleh Pelat :**

$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g$   
 $= 0,9 \times 250 \text{ Mpa} \times 358875 \text{ mm}^2$   
 $= 80746875 \text{ N}$

**Kondisi fraktur Pelat :**

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \cdot F_u \cdot A_e \\
 &= 0,75 \times 410 \text{ Mpa} \times 305043,75 \text{ mm}^2 \\
 &= 93800953,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Periksa Terhadap Geser Blok :**

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 756450 \text{ N}$$

$$f_u \cdot A_{nt} = 375150 \text{ N}$$

Karena  $0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} > f_u \cdot A_{nt}$ ,

Maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_n &= 0,6 f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \text{ (Geser fraktur - tarik leleh)} \\
 &= 4989000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi T_n = 3741750 \text{ N} = 374175 \text{ kg}$$

Maka,

$T_u$	$<$	$T_n$	
114846	$<$	8074688	<b>OK</b>

**CEK TAHANAN NOMINAL BAUT**

**(LRFD Hal 121 dari 352)**

Dipakai baut Ø25 MUTU BAUT A325  $F_u = 825 \text{ Mpa}$

$$\phi = 0,75$$

$$r_1 = 0,4$$

$$\text{Mutu baut} = A325$$

$$F_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

$$D = 25 \text{ mm}$$

$$A_b = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$m = 2$$

**Tahanan Tumpu Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 25 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 410 \text{ Mpa} \\
 &= 276750 \text{ N} \\
 &= 27675 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tahanan Geser Baut :**



$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= \emptyset. m, r_1. F_u^b. A_b \\
 &= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \text{ mm}^2 \\
 &= 242983 \text{ N} \\
 &= 24298,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tahanan Tarik Baut :**

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= \emptyset. 0,75. F_u^b. A_b \\
 &= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \text{ mm}^2 \\
 &= 227796 \text{ N} \\
 &= 22779,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rn menentukan = 22779,6 kg

Maka,

$$\begin{array}{ccc}
 R_u & < & \emptyset R_n \\
 114846 & < & 22779,61 \quad \text{NO OK}
 \end{array}$$

**Kebutuhan baut :**

Batang miring atas

$$\frac{N_u}{\emptyset R_n} = \frac{79647,6}{22779,61} = 3,496 = 4 \text{ buah}$$

Batang tengah

$$\frac{N_u}{\emptyset R_n} = \frac{14743,8}{22779,61} = 0,647 = 2 \text{ buah}$$

Batang miring bawah

$$\frac{N_u}{\emptyset R_n} = \frac{114846}{22779,61} = 5,042 = 6 \text{ buah}$$

#### 4.7.5 Perencanaan Sambungan Baut Double Siku Tipe-B

**Data Perencanaan :**

$$\begin{aligned}
 \phi \text{ lelah} &= 0,9 \\
 \phi \text{ fraktur} &= 0,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U \text{ fraktur} &= 0,85 \\
 \text{Diameter baut} &= 25 + 3 = 28 \text{ mm} \\
 f_u &= 410 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

### **Perhitungan jaak antar baut:**

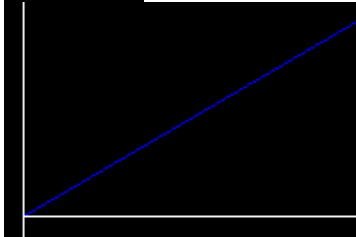
Jarak horisontal (baut ke baut):

$$\begin{aligned}
 3db &< S < (15tp) \text{ atau } 200\text{mm} \\
 84 &< S < 225 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Jadi jarak antar baut } S &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jarak horisontal (baut ke tepi plat):

$$\begin{aligned}
 1,5db &< S_1 < (4tp + 100\text{mm}) \text{ atau } 200\text{mm} \\
 84 &< S_1 < 160 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Jadi jarak baut ke tepi pelat } S &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### **DETAIL B**



$$\begin{aligned}
 \text{Batang miring} &: 106367 \text{ kg} \\
 \text{Batang tengah} &: 45945,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka,  $N_u = 106367 \text{ kg}$

### **CEK PLAT SAMBUNG**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal plat (t)} &= 15 \text{ mm} \\
 A_g &= 276375 \text{ mm}^2 \\
 A_n &= (A_g - \text{jumlah baut} \times \text{lebar lubang} \times \\
 &\quad \text{tebal pelat}) \\
 &= 272175 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Periksa terhadap syarat  $A_n \leq 0,85 A_g$

$$\begin{array}{rcl} A_n & < & 0,85 A_g \\ 272175 & > & 234919 \end{array} \quad \text{NO OK}$$

$$A_n \text{ pakai} = 234919 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n = 234919 \text{ mm}^2$$

### **Kondisi Leleh Pelat :**

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \times 250 \text{ Mpa} \times 276375 \text{ mm}^2 \\ &= 62184375 \text{ N} \end{aligned}$$

### **Kondisi fraktur Pelat :**

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \cdot F_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \times 410 \text{ Mpa} \times 234918,75 \text{ mm}^2 \\ &= 72237515,6 \text{ N} \end{aligned}$$

### **Periksa Terhadap Geser Blok :**

$$\begin{aligned} 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} &= 756450 \text{ N} \\ f_u \cdot A_{nt} &= 375150 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena  $0,6 \cdot F_u A_{nv} > f_u \cdot A_{nt}$ ,

Maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_n &= 0,6 f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \text{ (Geser fraktur - tarik leleh)} \\ &= 3189000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi T_n = 2391750 \text{ N} = 239175 \text{ kg}$$

Maka,

$$\begin{array}{rcl} T_u & < & T_n \\ 106367 & < & 6218438 \end{array} \quad \text{OK}$$

### **CEK TAHANAN NOMINAL BAUT**

**(LRFD Hal 121 dari 352)**

Dipakai baut Ø25 MUTU BAUT A325 Fub 825 Mpa

$$\phi = 0,75$$

$$r_1 = 0,4$$

Mutu baut	= A325
$F_u^b$	= 825 Mpa
D	= 25 mm
Ab	= 490,874 mm
m	= 2

### **Tahanan Tumpu Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 25 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 410 \text{ Mpa} \\
 &= 276750 \text{ N} \\
 &= 27675 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### **Tahanan Geser Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot m \cdot r_1 \cdot F_u^b \cdot A_b \\
 &= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \text{ mm}^2 \\
 &= 242983 \text{ N} \\
 &= 24298,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### **Tahanan Tarik Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot F_u^b \cdot A_b \\
 &= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \text{ mm}^2 \\
 &= 227796 \text{ N} \\
 &= 22779,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rn menentukan = 22779,6 kg

Maka,

$R_u$	<	$\phi R_n$	<b>NO OK</b>
106367	<	22779,61	

### **Kebutuhan baut :**

Batang miring

$$\frac{N_u}{\phi R_n} = \frac{106367}{22779,61} = 4,67 = 6 \text{ buah}$$

Batang tengah

$$\frac{Nu}{\phi R_n} = \frac{45945,8}{22779,61} = 2,02 = 4 \text{ buah}$$

#### 4.7.6 Perencanaan Clamp pada Tiang Pancang

##### Data Perencanaan :

$\phi$ lelah	= 0,9
$\phi$ fraktur	= 0,75
U fraktur	= 0,85
Diameter baut	= 25 + 3 = 28 mm
$f_u$	= 410 Mpa
$f_y$	= 250 Mpa

##### Perhitungan jaak antar baut:

Jarak horisontal (baut ke baut):

$$3db < S < (15tp) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$84 < S < 225 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

Jadi jarak antar baut  $S = 100 \text{ mm}$

Jarak horisontal (baut ke tepi plat):

$$1,5db < S_1 < (4tp + 100\text{mm}) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$42 < S_1 < 160 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

Jadi jarak baut ke tepi pelat  $S = 50 \text{ mm}$

##### Perhitungan Pembebanan

###### 1. Beban Mati

Berat Profil baja double siku 150

$$35,9 \text{ kg/m} \times 2 \times 1,74 \text{ m} = 124,7 \text{ kg}$$

Berat profil baja double siku 100

$$15,1 \text{ kg/m} \times 1 \times 1,50 \text{ m} = 22,7 \text{ kg}$$

$$2. \text{ Beban Pekerja} = 125 \text{ kg}$$

$$3. \text{ Beban lain-lain} = 27,2335 \text{ kg}$$

4. Beban tarik tekan terbesar pada

$$\begin{array}{ll} \text{Frame bracing} & = 57422,8 \\ \text{Maka, Nu} & = 57722,3 \text{ kg} \end{array}$$

### **CEK PLAT SAMBUNG**

$$\begin{array}{ll} \text{Tebal plat (t)} & = 15 \text{ mm} \\ \text{Ag} & = 95000 \text{ mm}^2 \\ \text{An} & = (\text{Ag} - \text{jumlah baut} \times \text{lebar lubang} \times \\ & \quad \text{tebal pelat}) \\ & = 92900 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Periksa terhadap syarat  $An \leq 0,85 Ag$

$$\begin{array}{lll} \text{An} & < & 0,85 Ag \\ 92900 & > & 80750 \end{array} \quad \text{NO OK}$$

$$\begin{array}{ll} \text{An pakai} & = 80750 \text{ mm}^2 \\ \text{Ae} = \text{An} & = 80750 \text{ mm}^2 \end{array}$$

### **Kondisi Leleh Pelat :**

$$\begin{array}{ll} \phi T_n & = \phi \cdot F_y \cdot Ag \\ & = 0,9 \times 250 \text{ Mpa} \times 95000 \text{ mm}^2 \\ & = 21375000 \text{ N} \end{array}$$

### **Kondisi fraktur Pelat :**

$$\begin{array}{ll} \phi T_n & = \phi \cdot F_u \cdot Ae \\ & = 0,75 \times 410 \text{ Mpa} \times 80750 \text{ mm}^2 \\ & = 24830625 \text{ N} \end{array}$$

### **Periksa Terhadap Geser Blok :**

$$\begin{array}{ll} 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} & = 175016700 \text{ N} \\ f_u \cdot A_{nt} & = 221400 \text{ N} \end{array}$$

Karena  $0,6 \cdot F_u A_{nv} > f_u \cdot A_{nt}$ ,

Maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} T_n & = 0,6 f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \text{ (Geser fraktur - tarik leleh)} \\ & = 3189000 \text{ N} \end{array}$$

$$\phi T_n = 2391750 \text{ N} = 239175 \text{ kg}$$

Maka,

$$\begin{array}{rclcl} T_u & < & T_n & & \\ 57722,3 & < & 2137500 & & \text{OK} \end{array}$$

### **CEK TAHANAN NOMINAL BAUT**

**(LRFD Hal 121 dari 352)**

Dipakai baut Ø25 MUTU BAUT A325 Fub 825 Mpa

$$\begin{array}{rcl} \emptyset & = & 0,75 \\ r_1 & = & 0,4 \\ \text{Mutu baut} & = & A325 \\ F_u^b & = & 825 \text{ Mpa} \\ D & = & 25 \text{ mm} \\ A_b & = & 490,874 \text{ mm} \\ m & = & 2 \end{array}$$

#### **Tahanan Tumpu Baut :**

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 25 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 276750 \text{ N} \\ &= 27675 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### **Tahanan Geser Baut :**

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \cdot m \cdot r_1 \cdot F_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \\ &\quad \text{mm}^2 \\ &= 121491 \text{ N} \\ &= 12149,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### **Tahanan Tarik Baut :**

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot F_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ Mpa} \times (0,25 \times \pi \times d^2) \quad \text{mm}^2 \\ &= 227796 \text{ N} \\ &= 22779,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rn menentukan = 12149,1kg

Maka,

$$\begin{array}{rclcl} Ru & < & \varnothing Rn & & \\ 57722,3 & < & 12149,1 & & \text{NO OK} \end{array}$$

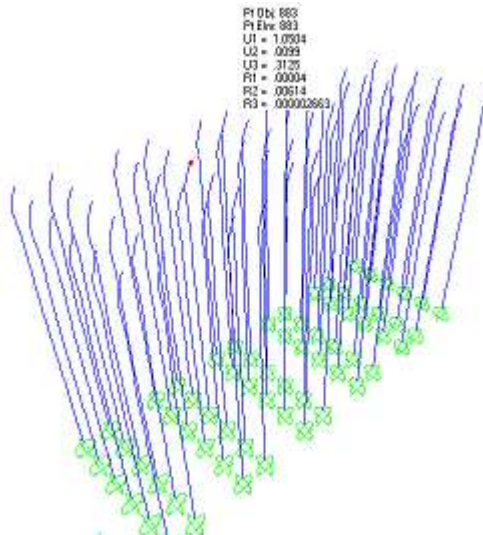
**Kebutuhan baut :**

$$\frac{Nu}{\varnothing Rn} = \frac{57722,3}{12149,13} = 4,751 = 5 \text{ buah}$$

#### 4.8 Kontrol Pondasi Tiang Pancang dan Pergoyangan Lateral Kembali

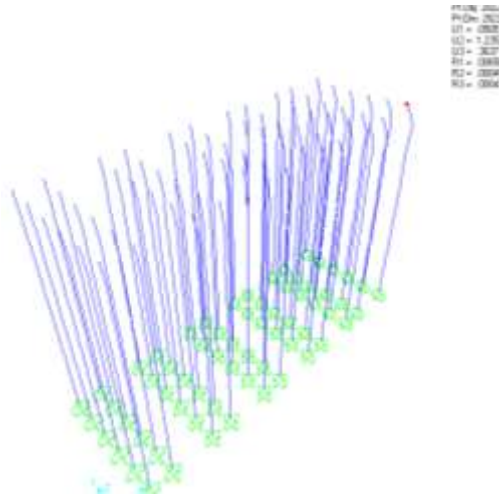
##### Deformasi Ijin pada Permukaan Tanah

Deformasi ijin pada permukaan tanah adalah sebesar 1 inc atau sama dengan 2,54 cm (sanglerat 1972).



**Gambar 4. 52 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah X Setelah di Bracing**





***Gambar 4. 53 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang pada Permukaan Tanah Arah Y Setelah di Bracing***

Deformasi pada permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

1,05 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

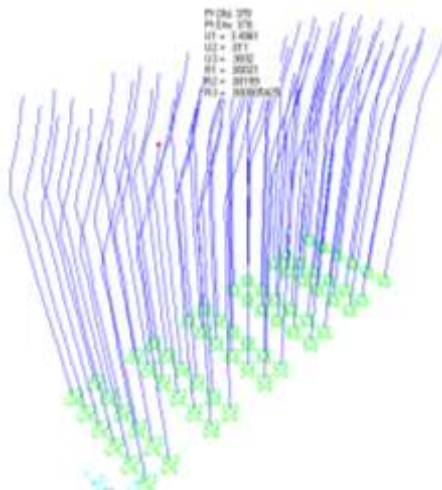
Deformasi pada permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

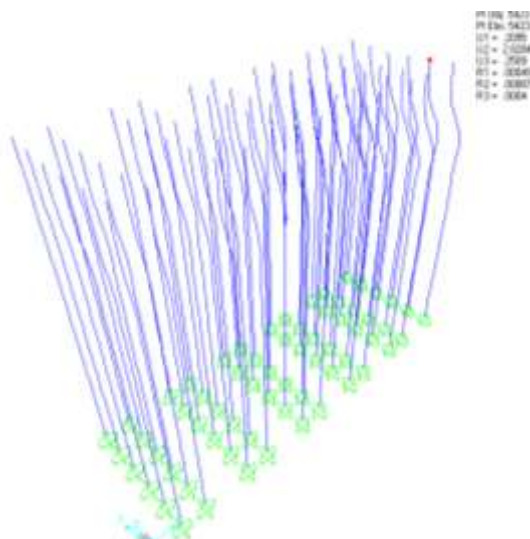
1,235 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

### **Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah**

Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1 tabel 16 Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV dengan deformasi ijin  $0,010h = 0,01 \times 6 \text{ m} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$



**Gambar 4. 54 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah X Setelah Dibracing**



**Gambar 4. 55 Deformasi Terjadi pada Tiang Pancang diatas Permukaan Tanah Arah Y Setelah Dibracing**

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 6 cm

3,49 cm < 6 cm **(Memenuhi)**

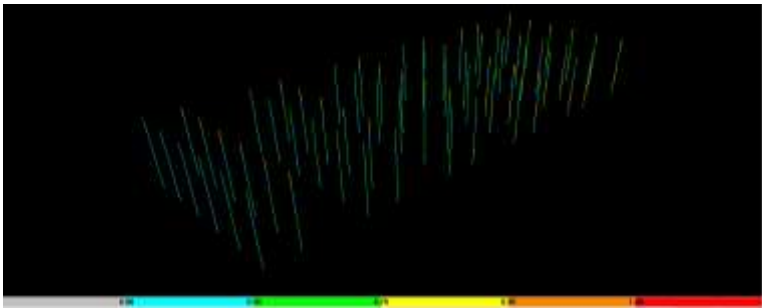
Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 6 cm

2,83 cm < 6 cm **(Memenuhi)**

Karena kontrol pergoyangan lateral telah memenuhi deformasi ijin, maka kemudian di cek kapasitas rasio tiang pancang

#### **Kontrol Stress Rasio Tiang Pancang Penampang Komposit**



*Gambar 4. 56 Kapasitas Rasio Struktur Tiang Pancang Setelah Dibracing*

Concrete Design Data AQ 318-05/BC200

File

ACI 318-05/IBC2000 COLUMN SECTION DESIGN Type: Single Ordinary Units: Tonf, m, C (Summary)

Element	: A24	D=8,600	D=8,600	dc=8,000
Section ID	: 1P + PRT (048)	E=2001148,19	Fc=4879,865	Lt.Mt. Fac.=1,000
Combo ID	: EXTREM I -02- 1EX	L=1,000	fy=29473,100	fys=29473,100
Station Loc	: 8,000	RIIF=1,000		

Phi(Compression-Spiral): 0,700  
 Phi(Compression-Tied): 0,650  
 Phi(Tension Controlled): 0,900  
 Phi(Shear): 0,750  
 Phi(Seismic Shear): 0,600  
 Phi(Joint Shear): 0,950

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR P<sub>u</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>

Capacity Ratio	Design P <sub>u</sub>	Design M <sub>2</sub>	Design M <sub>3</sub>	Minimum P <sub>u</sub>	Minimum M <sub>2</sub>
0,738	74,291	-5,118	58,458	2,469	2,469

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	En Factor	Delta uc factor	Delta sc factor	K factor	L factor
Major Bending(M <sub>2</sub> )	0,626	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending(M <sub>3</sub> )	0,713	1,000	1,000	1,000	1,000

SHEAR DESIGN FOR V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

	Rebar Rn/S	Shear Rn	Shear phi+90	Shear phi+90	Shear Rn
Major Shear(V <sub>2</sub> )	0,000	57,480	14,558	17,813	0,000
Minor Shear(V <sub>3</sub> )	9,847E-04	0,378	4,836	18,844	86,781

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear Ratio	Shear RnTop	Shear RnBot	Shear phi+90	Joint RnTop
Major Shear(V <sub>2</sub> )	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(V <sub>3</sub> )	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

*Gambar 4. 57 Hasil Perhitungan Struktur Pondasi Output SAP2000 Setelah Dibracing*

## Kontrol Stress Rasio Tiang Pancang Tipe B

*Tabel 4. 6 Hasil Stress Rasio pada Tiang Pancang Tipe B*

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	Stress Ratio	
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m		
2340	EXTREM I -04- 1EY	-102,9773	-3,1158	-7,3642	-1,217E-15	-26,4652	-9,95023	0,844376005	
2340	EXTREM I -03- 1EY	-102,1562	-3,1183	-7,37	-1,216E-15	-26,48902	-9,95826	0,843211027	
2340	EXTREM I -02- 1EY	-102,1792	-3,1155	-7,37	-1,217E-15	-26,48889	-9,94961	0,843188965	
2340	EXTREM I -01- 1EY	-101,1213	-3,1219	-7,3772	-1,218E-15	-26,5183	-9,96775	0,841722886	
2490	EXTREM I -04- 1EX	-116,9249	-8,1587	-1,7563	-1,868E-16	-5,74786	-25,85572	0,8339292	
2551	EXTREM I -03- 1EY	-88,6745	-2,7752	-7,8973	-3,525E-17	-28,34991	-6,76366	0,833735867	
2551	EXTREM I -02- 1EY	-88,6799	-2,7726	-7,8973	-3,525E-17	-28,34997	-6,75735	0,833715968	
2551	EXTREM I -04- 1EY	-88,6832	-2,7711	-7,8961	-3,503E-17	-28,3454	-6,75179	0,833595464	
2490	EXTREM I -03- 1EX	-116,0834	-8,1608	-1,757	-1,868E-16	-5,74342	-25,86268	0,832288335	
2551	EXTREM I -01- 1EY	-87,1855	-2,8179	-7,9082	-3,497E-17	-28,3948	-6,88791	0,832227372	
2490	EXTREM I -02- 1EX	-116,104	-8,1582	-1,7569	-1,866E-16	-5,74228	-25,8546	0,832153598	

2340	EXTREM I -04-1EX	-109,31	-8,158	-2,2034	-3,7996-16	-7,88588	-25,8270	0,829461712
2340	EXTREM I -03-1EX	-108,4887	-8,1603	-2,2092	-3,7996-16	-7,9097	-25,83582	0,828063664
2340	EXTREM I -02-1EX	-108,3117	-8,1578	-2,2092	-3,86-16	-7,90957	-25,82718	0,82792749
2340	EXTREM I -01-1EX	-107,4538	-8,1642	-2,2164	-3,7996-16	-7,93897	-25,84532	0,826284777
1672	EXTREM I -04-1EX	-107,2956	-8,2708	-1,5761	-4,3726-16	-5,18333	-26,38315	0,822627511
1943	EXTREM I -04-1EX	-106,7213	-8,0942	-7,0688	-1,0256-15	-25,27983	-9,26362	0,822226122
1943	EXTREM I -03-1EX	-105,9236	-8,0963	-7,0749	-1,0266-15	-25,30494	-9,2734	0,821135809
1943	EXTREM I -02-1EX	-105,9054	-8,0938	-7,0748	-1,0266-15	-25,30454	-9,26318	0,821027905
1672	EXTREM I -03-1EX	-106,4489	-8,2715	-1,5769	-4,3786-16	-5,17812	-26,38423	0,820851792
1672	EXTREM I -02-1EX	-106,4693	-8,2696	-1,5768	-4,3746-16	-5,17761	-26,37988	0,820791261
2370	EXTREM I -04-1EX	-102,9664	-8,1647	-2,0801	-2,5196-16	-7,68331	-26,09570	0,820562957
1943	EXTREM I -01-1EX	-105,125	-3,1005	-7,0816	-1,0256-15	-25,332	-9,27717	0,82008936
1672	EXTREM I -03-1EX	-105,3679	-8,2790	-1,5777	-4,3726-16	-5,17322	-26,41464	0,819645480
2370	EXTREM I -03-1EX	-101,666	-8,1677	-2,0886	-2,5236-16	-7,69555	-26,10626	0,8181348
2370	EXTREM I -02-1EX	-101,6876	-8,1649	-2,0885	-2,5186-16	-7,6954	-26,09754	0,81799311
1522	EXTREM I -04-1EX	-100,6957	-8,2698	-1,9732	-2,6436-16	-7,06476	-26,35514	0,817626047
1522	EXTREM I -03-1EX	-99,867	-8,2712	-1,9795	-2,6456-16	-7,09047	-26,3570	0,816088242
1522	EXTREM I -02-1EX	-99,8906	-8,2691	-1,9794	-2,6446-16	-7,08999	-26,35258	0,816027261
1243	EXTREM I -03-1EX	-104,4115	-8,2833	-1,4013	-3,3926-16	-6,61806	-26,43218	0,815792813
1522	EXTREM I -01-1EX	-99,014	-8,2788	-1,9857	-2,6426-16	-7,11553	-26,38572	0,815046699
2370	EXTREM I -03-1EX	-100,1	-8,1693	-2,092	-2,5176-16	-7,71179	-26,10909	0,815031279
1243	EXTREM I -04-1EX	-104,8071	-8,2695	-1,4	-3,3926-16	-6,61773	-26,37752	0,814987274
1243	EXTREM I -02-1EX	-103,9797	-8,2688	-1,4008	-3,3946-16	-6,61234	-26,37456	0,811165789
1243	EXTREM I -01-1EX	-103,0734	-8,2784	-1,4015	-3,3926-16	-6,60711	-26,40857	0,811988704
1093	EXTREM I -03-1EX	-98,7326	-8,2817	-1,7432	-3,2286-16	-6,23923	-26,4157	0,810392625
1093	EXTREM I -04-1EX	-99,1188	-8,2677	-1,7395	-3,2296-16	-6,22482	-26,34452	0,809525039
1552	EXTREM I -04-1EX	-93,8454	-8,2842	-1,8631	-3,1146-16	-6,85212	-26,68191	0,80907715
390	EXTREM I -04-1EX	-102,4334	-8,2756	-1,2368	-7,7736-16	-4,09227	-26,40836	0,808781982
2460	EXTREM I -04-1EX	-100,9416	-8,1587	-1,892	-1,5556-16	-6,46768	-26,06097	0,808496039
1093	EXTREM I -02-1EX	-98,3133	-8,2671	-1,7458	-3,2286-16	-6,2505	-26,34223	0,807916911
390	EXTREM I -02-1EX	-101,6122	-8,2745	-1,2377	-7,7786-16	-4,08717	-26,40572	0,806939702
1093	EXTREM I -01-1EX	-97,4355	-8,2764	-1,7517	-3,2276-16	-6,27489	-26,37458	0,806698823
2400	EXTREM I -04-1EX	-99,6089	-8,0924	-2,0365	-3,1166-16	-7,41614	-25,89765	0,806484967
1552	EXTREM I -03-1EX	-92,3158	-8,2854	-1,8659	-3,1146-16	-6,86564	-26,68316	0,806393396
1552	EXTREM I -02-1EX	-92,5332	-8,2836	-1,8657	-3,1146-16	-6,86508	-26,67977	0,806349542
2460	EXTREM I -03-1EX	-93,6997	-8,1634	-1,8908	-1,566-16	-6,45761	-26,07068	0,805994045
2460	EXTREM I -02-1EX	-93,681	-8,1588	-1,8908	-1,5566-16	-6,45745	-26,06231	0,805825241
390	EXTREM I -01-1EX	-100,6856	-8,285	-1,2381	-7,7676-16	-4,08105	-26,44179	0,805810811
390	EXTREM I -03-1EX	-100,7313	-8,2744	-1,2376	-7,7786-16	-4,07956	-26,40788	0,805156916
1552	EXTREM I -01-1EX	-91,1835	-8,2918	-1,8687	-3,1146-16	-6,87907	-26,70989	0,804243313
1123	EXTREM I -03-1EX	-92,3857	-8,2988	-1,6526	-3,1166-16	-6,07302	-26,77176	0,803886253
2400	EXTREM I -01-1EX	-97,486	-8,0956	-2,0273	-3,1166-16	-7,43722	-25,90855	0,80354188
2400	EXTREM I -02-1EX	-97,507	-8,0929	-2,0273	-3,1166-16	-7,43706	-25,89991	0,803400416
239	EXTREM I -04-1EX	-97,5696	-8,2734	-1,5228	-1,3886-18	-5,44573	-26,37261	0,803142114
2460	EXTREM I -01-1EX	-98,1173	-8,1635	-1,8901	-1,5546-16	-6,44805	-26,07479	0,80276331
1123	EXTREM I -04-1EX	-93,0005	-8,2795	-1,6505	-3,1166-16	-6,06408	-26,66123	0,80273701
239	EXTREM I -02-1EX	-96,788	-8,2725	-1,5292	-1,4976-18	-5,47182	-26,38992	0,801490898
239	EXTREM I -01-1EX	-95,8766	-8,2825	-1,5348	-1,4976-18	-5,49499	-26,40509	0,800518819
1123	EXTREM I -02-1EX	-91,6886	-8,279	-1,6532	-3,1146-16	-6,07747	-26,65938	0,800010367
239	EXTREM I -03-1EX	-95,9268	-8,2726	-1,5343	-1,4976-18	-5,49306	-26,37333	0,799924444
2400	EXTREM I -01-1EX	-95,6645	-8,0963	-2,0288	-3,1166-16	-7,44064	-25,90834	0,799736505
1642	EXTREM I -04-1EX	-92,011	-8,2777	-1,7053	-4,3626-18	-5,84731	-26,64283	0,799211228
269	EXTREM I -04-1EX	-92,0946	-8,2838	-1,4538	-4,246-16	-5,33489	-26,68581	0,797984651
1123	EXTREM I -03-1EX	-90,3362	-8,287	-1,6559	-3,1166-16	-6,09034	-26,68868	0,797871174
1642	EXTREM I -03-1EX	-90,7036	-8,2786	-1,7043	-4,576-18	-5,83731	-26,64355	0,79643613
1642	EXTREM I -02-1EX	-90,7187	-8,2769	-1,7041	-4,4596-18	-5,83671	-26,64028	0,796393977
1582	EXTREM I -04-1EX	-90,0798	-8,2122	-1,8136	-5,0386-16	-6,66173	-26,48937	0,795987196
1213	EXTREM I -03-1EX	-90,7331	-8,2928	-1,5189	-4,296-16	-5,21507	-26,73561	0,795697779

#### 4.9 Kontrol Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Berikut merupakan pondasi hasil Analisa daya dukung pondasi akibat beban tetap maupun beban sementara. Daya dukung tiang dihitung berdasarkan kedalaman tiang pancang (spun pile) yang tertanam.

**Tabel 4. 7 Reaksi Pondasi Tiang Akibat Beban Tetap**

TABLE: Joint Reactions						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
2600	KUAT I -D1-	Combination		0,0000119	0,00001792	47,4203
2600	KUAT I -D2-	Combination		0,00004009	8,362E-06	38,1709
2600	KUAT I -D3-	Combination		2,922E-06	0,00001782	46,4068
2600	KUAT II -D1-	Combination		0,0000128	0,00001466	44,9065
2600	KUAT II -D2-	Combination		0,00003473	7,224E-06	37,7126
2600	KUAT II -D3-	Combination		5,821E-06	0,00001458	44,1182
2600	KUAT III	Combination		-0,0000147	-0,00001413	24,4351
2600	KUAT IV	Combination		0,00001597	3,241E-06	36,1083
2600	KUAT V	Combination		7,108E-06	-0,00003851	32,7363
2600	KUAT I -D4-	Combination		0,00002172	0,00003348	57,1123
2600	KUAT II -D4-	Combination		0,00002044	0,00002676	52,4447
2600	KUAT I -T-	Combination	Max	0,00004426	0,0000228	55,7741
2600	KUAT I -T-	Combination	Min	5,482E-06	-7,496E-06	33,3959
2600	KUAT II -T-	Combination	Max	0,00003797	0,00001845	51,4039
2600	KUAT II -T-	Combination	Min	7,812E-06	-0,00000511	33,9986
2600	KUAT I -SET-	Combination		0,00008672	3,959E-06	44,1638
2600	KUAT II -SET-	Combination		0,00008672	3,959E-06	44,1638
2600	KUAT III -SET-	Combination		0,00005606	-0,00001406	32,4906
2600	KUAT IV -SET-	Combination		0,00008672	3,959E-06	44,1638
2600	KUAT V -SET-	Combination		0,00007787	-0,00003779	40,7919
2602	KUAT I -D1-	Combination		0,00001477	0,00001009	55,761
2602	KUAT I -D2-	Combination		0,00005818	5,144E-06	41,6359
2602	KUAT I -D3-	Combination		5,542E-06	9,989E-06	54,7371
2602	KUAT II -D1-	Combination		0,00001539	8,161E-06	51,8311
2602	KUAT II -D2-	Combination		0,00004915	4,317E-06	40,8449
2602	KUAT II -D3-	Combination		0,00000821	8,086E-06	51,0347
2602	KUAT III	Combination		-3,709E-07	-0,00001402	31,292

2602	KUAT IV	Combination		0,00001755	1,424E-06	38,0763
2602	KUAT V	Combination		0,00001237	-0,0000395	36,1166
2602	KUAT I -D4-	Combination		0,00003025	0,00001895	72,5674
2602	KUAT II -D4-	Combination		0,00002743	0,00001505	64,9027
2602	KUAT I -T-	Combination	Max	0,00005452	0,0000161	63,1847
2602	KUAT I -T-	Combination	Min	-6,217E-07	-0,0000105	36,1035
2602	KUAT II -T-	Combination	Max	0,0000463	0,00001284	57,605
2602	KUAT II -T-	Combination	Min	3,416E-06	-7,854E-06	36,5419
2602	KUAT I -SET-	Combination		0,00008952	2,095E-06	46,1467
2602	KUAT II -SET-	Combination		0,00008952	2,095E-06	46,1467
2602	KUAT III -SET-	Combination		0,0000716	-0,0001396	39,3624
2602	KUAT IV -SET-	Combination		0,00008952	2,095E-06	46,1467
2602	KUAT V -SET-	Combination		0,00008435	-0,00003883	44,187
2604	KUAT I -D1-	Combination		0,00001557	4,765E-07	59,4425
2604	KUAT I -D2-	Combination		0,00006692	1,156E-06	43,171
2604	KUAT I -D3-	Combination		6,231E-06	3,905E-07	58,4102
2604	KUAT II -D1-	Combination		0,0000161	2,232E-07	54,8517
2604	KUAT II -D2-	Combination		0,00005604	7,517E-07	42,1961
2604	KUAT II -D3-	Combination		0,00000884	1,563E-07	54,0489
2604	KUAT III	Combination		0,00001225	-0,0001346	35,7052
2604	KUAT IV	Combination		0,00001797	-6,634E-07	38,7841
2604	KUAT V	Combination		0,00001632	-0,00003936	37,8948
2604	KUAT I -D4-	Combination		0,00003408	1,252E-06	79,2648
2604	KUAT II -D4-	Combination		0,0000305	8,267E-07	70,2691
2604	KUAT I -T-	Combination	Max	0,00005912	0,00001097	65,7569
2604	KUAT I -T-	Combination	Min	-4,002E-07	-0,00001219	36,9427
2604	KUAT II -T-	Combination	Max	0,00004997	8,388E-06	59,7629
4284	KUAT II -T-	Combination	Min	-0,00006017	-0,0000137	40,9409
4284	KUAT I -SET-	Combination		0,00002563	-6,212E-07	39,7705
4284	KUAT II -SET-	Combination		0,00002563	-6,212E-07	39,7705
4284	KUAT III -SET-	Combination		0,00002228	-0,0003809	33,1228
4284	KUAT IV -SET-	Combination		0,00002563	-6,212E-07	39,7705
4284	KUAT V -SET-	Combination		0,00002466	-0,0001105	37,8507
4300	KUAT I -D1-	Combination		-0,00003101	-8,136E-07	41,9073
4300	KUAT I -D2-	Combination		-0,00009635	-7,997E-06	66,5879
4300	KUAT I -D3-	Combination		-0,00009405	-8,039E-06	66,5048
4300	KUAT II -D1-	Combination		-0,00003019	-1,116E-06	41,8475
4300	KUAT II -D2-	Combination		-0,00008101	-6,703E-06	61,0435
4300	KUAT II -D3-	Combination		-0,00007922	-6,736E-06	60,9789



2604	KUAT II -T-	Combination	Min	3,682E-06	-9,628E-06	37,3519
2604	KUAT I -SET-	Combination		0,00009019	-7,061E-08	46,8529
2604	KUAT II -SET-	Combination		0,00009019	-7,061E-08	46,8529
2604	KUAT III -SET-	Combination		0,00008446	-0,000134	43,7739
2604	KUAT IV -SET-	Combination		0,00009019	-7,061E-08	46,8529
2604	KUAT V -SET-	Combination		0,00008853	-0,00003876	45,9636
2606	KUAT I -D1-	Combination		0,00001556	-6,725E-06	59,2305
2606	KUAT I -D2-	Combination		0,00006669	-1,865E-06	43,0397
2606	KUAT I -D3-	Combination		6,147E-06	-6,798E-06	58,1911
2606	KUAT II -D1-	Combination		0,00001609	-5,731E-06	54,6748
2606	KUAT II -D2-	Combination		0,00005586	-1,951E-06	42,082
2606	KUAT II -D3-	Combination		8,769E-06	-5,787E-06	53,8664
2606	KUAT III	Combination		0,00002416	-0,0001244	39,2266
4316	KUAT I -SET-	Combination		0,00002545	-2,695E-06	38,9587
4316	KUAT II -SET-	Combination		0,00002545	-2,695E-06	38,9587
4316	KUAT III -SET-	Combination		0,00003354	-0,0003063	49,321
4316	KUAT IV -SET-	Combination		0,00002545	-2,695E-06	38,9587
4316	KUAT V -SET-	Combination		0,00002779	-0,0000904	41,9522
5800	KUAT I -D1-	Combination		-0,00002969	-1,313E-06	38,6508
5800	KUAT I -D2-	Combination		-0,00008183	-7,898E-06	52,4358
5800	KUAT I -D3-	Combination		-0,00007953	-7,926E-06	52,3689
5800	KUAT II -D1-	Combination		-0,00002917	-1,533E-06	38,7169
5800	KUAT II -D2-	Combination		-0,00006973	-6,655E-06	49,4385
5800	KUAT II -D3-	Combination		-0,00006794	-6,676E-06	49,3865
5800	KUAT III	Combination		-0,00001286	-0,0002648	72,1947
5800	KUAT IV	Combination		-0,00002737	-2,303E-06	38,948
5800	KUAT V	Combination		-0,00002318	-0,00007813	48,5513
5800	KUAT I -D4-	Combination		-0,00004506	-0,00001294	62,3296
5800	KUAT II -D4-	Combination		-0,00004113	-0,00001058	57,1337
5800	KUAT I -T-	Combination	Max	-0,00001808	1,358E-06	63,4915
5800	KUAT I -T-	Combination	Min	-0,00006122	-9,593E-06	36,1266
5800	KUAT II -T-	Combination	Max	-0,00002014	5,443E-07	58,0374
5800	KUAT II -T-	Combination	Min	-0,0000537	-7,973E-06	36,7536
5800	KUAT I -SET-	Combination		0,00002468	-2,189E-06	37,329
5800	KUAT II -SET-	Combination		0,00002468	-2,189E-06	37,329
5800	KUAT III -SET-	Combination		0,00003919	-0,0002647	70,5757
5800	KUAT IV -SET-	Combination		0,00002468	-2,189E-06	37,329
5800	KUAT V -SET-	Combination		0,00002887	-0,00007801	46,9323
				<b>MAKSIMUM</b>		<b>171,008</b>
				<b>MINIMUM</b>		<b>-92,5362</b>



**Tabel 4.8 Reaksi Pondasi Tiang Pancang Akibat Beban Sementara**

TABLE: Joint Reactions						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
2600	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0008379	0,0002042	123,518
2600	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000815	-0,000198	-67,0186
2600	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0008403	0,0002038	123,016
2600	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000813	-0,000198	-67,5209
2600	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,000837	0,0002042	123,419
2600	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000816	-0,000198	-67,1178
2600	EXTREM I -D1- 1EY	Combination	Max	0,0003429	0,000667	93,2282
2600	EXTREM I -D1- 1EY	Combination	Min	-0,00032	-0,00066	-36,729
2600	EXTREM I -D2- 1EY	Combination	Max	0,0003453	0,0006666	92,726
2600	EXTREM I -D2- 1EY	Combination	Min	-0,000318	-0,000661	-37,2313
2600	EXTREM I -D3- 1EY	Combination	Max	0,000342	0,000667	93,129
2600	EXTREM I -D3- 1EY	Combination	Min	-0,000321	-0,00066	-36,8282
2600	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0008401	0,0002048	123,797
2600	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000813	-0,000197	-66,74
2600	EXTREM I -D4- 1EY	Combination	Max	0,0003451	0,0006676	93,5069
2600	EXTREM I -D4- 1EY	Combination	Min	-0,000318	-0,00066	-36,4504
2602	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0008436	0,0001982	120,911
2602	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000819	-0,000195	-60,6337
2602	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0008476	0,0001981	120,131
2602	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000815	-0,000195	-61,4134
2602	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0008427	0,0001982	120,81
2602	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,00082	-0,000195	-60,7343
2602	EXTREM I -D1- 1EY	Combination	Max	0,0003124	0,0006516	78,8761
2602	EXTREM I -D1- 1EY	Combination	Min	-0,000287	-0,000648	-18,5992
2602	EXTREM I -D2- 1EY	Combination	Max	0,0003164	0,0006514	78,0964
2602	EXTREM I -D2- 1EY	Combination	Min	-0,000283	-0,000649	-19,3789
2602	EXTREM I -D3- 1EY	Combination	Max	0,0003115	0,0006516	78,7755
2602	EXTREM I -D3- 1EY	Combination	Min	-0,000288	-0,000648	-18,6998
2602	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0008475	0,0001987	121,37
2602	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000815	-0,000195	-60,1746
2602	EXTREM I -D4- 1EY	Combination	Max	0,0003163	0,000652	79,3352
2602	EXTREM I -D4- 1EY	Combination	Min	-0,000283	-0,000648	-18,1401
2604	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0008361	0,0001859	118,145

4252	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0005863	0,0003621	64,7588
4252	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000636	-0,000357	1,8906
4252	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0001949	0,0012	74,9646
4252	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000235	-0,0012	-13,0643
4252	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0001897	0,0012	77,3454
4252	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,00024	-0,0012	-10,6835
4252	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0001899	0,0012	77,3391
4252	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,00024	-0,0012	-10,6898
4252	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0005858	0,0003622	64,7906
4252	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000636	-0,000357	1,9224
4252	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0001895	0,0012	77,371
4252	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,00024	-0,0012	-10,6579
4284	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0005869	0,0003386	57,7996
4284	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000627	-0,000339	5,2037
4284	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0005813	0,0003386	60,6138
4284	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000632	-0,000339	8,0179
4284	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0005815	0,0003387	60,6074
4284	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000632	-0,000339	8,0115
4284	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0001734	0,0011	56,9419
4284	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000213	-0,0011	6,0614
4284	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0001678	0,0011	59,7561
4284	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000219	-0,0011	8,8757
4284	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,000168	0,0011	59,7497
4284	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000219	-0,0011	8,8692
4284	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,000581	0,0003388	60,6484
4284	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000633	-0,000339	8,0525
4284	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0001675	0,0011	59,7907
4284	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000219	-0,0011	8,9102
4300	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,000586	0,000309	52,2076
4300	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000626	-0,000312	10,7079
4300	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0005803	0,0003082	55,0017
4300	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000631	-0,000313	13,502
4300	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0005805	0,0003082	54,9953
4300	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000631	-0,000313	13,4956
4300	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0001704	0,001	38,7202
4300	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,00021	-0,001	24,1953
4300	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0001648	0,001	41,5143
4300	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000216	-0,001	26,9894
4300	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,000165	0,001	41,5079
4300	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000216	-0,001	26,983
4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,00058	0,0003083	55,0333
4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000632	-0,000313	13,5336
4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0001645	0,001	41,5459

4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000632	-0,000313	13,5336
4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0001645	0,001	41,5459
4300	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000216	-0,001	27,021
4316	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0005898	0,0002729	59,7859
4316	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,00063	-0,000277	1,9395
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0005847	0,000272	62,1324
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000635	-0,000278	4,286
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0005848	0,000272	62,1262
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000635	-0,000278	4,2798
4316	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0001909	0,0009053	67,2921
4316	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000231	-0,000909	-5,5667
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0001858	0,0009043	69,6386
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000236	-0,00091	-3,2202
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,000186	0,0009043	69,6324
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000236	-0,00091	-3,2265
4316	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000231	-0,000909	-5,5667
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0001858	0,0009043	69,6386
4316	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000236	-0,00091	-3,2202
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,000186	0,0009043	69,6324
4316	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000236	-0,00091	-3,2265
4316	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0005844	0,000272	62,1491
4316	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000635	-0,000278	4,3027
4316	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0001855	0,0009044	69,6554
4316	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000236	-0,00091	-3,2035
5800	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,0005864	0,0002372	74,6968
5800	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,000626	-0,000241	-15,6879
5800	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0005819	0,0002365	76,2332
5800	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000631	-0,000241	-14,1515
5800	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0005821	0,0002365	76,2275
5800	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000631	-0,000241	-14,1572
5800	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Max	0,00021	0,0007873	127,623
5800	EXTREM I -D1- 1EX	Combination	Min	-0,00025	-0,000791	-68,6136
5800	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Max	0,0002055	0,0007866	129,159
5800	EXTREM I -D2- 1EX	Combination	Min	-0,000254	-0,000791	-67,0773
5800	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Max	0,0002057	0,0007866	129,153
5800	EXTREM I -D3- 1EX	Combination	Min	-0,000254	-0,000791	-67,0829
5800	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0005817	0,0002366	76,2217
5800	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000631	-0,000241	-14,163
5800	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Max	0,0002053	0,0007866	129,147
5800	EXTREM I -D4- 1EX	Combination	Min	-0,000255	-0,000791	-67,0887
				<b>MAKSIMUM</b>		<b>144,358</b>
				<b>MINIMUM</b>		<b>-72,5089</b>

**Tabel 4.9 Resume Persyaratan P Ijin Pondasi Tiang Pancang**

<b>PERSYARATAN</b>			
<b>P ijin beban tetap</b>		<b>P ijin beban sementara</b>	
<b>P tekan (T) (SF = 3)</b>	<b>P cabut (T) (SF = 3)</b>	<b>P tekan (T) (SF = 2)</b>	<b>P cabut (T) (SF = 2)</b>
176,37	101,01	264,55	151,51

**Tabel 4.10 Resume Reaksi Pondasi Tiang Pancang Terjadi**

<b>TERJADI</b>			
<b>P ijin beban tetap</b>		<b>P ijin beban sementara</b>	
<b>P tekan T</b>	<b>P cabut T</b>	<b>P tekan T</b>	<b>P cabut T</b>
171,01	92,54	144,36	72,51

#### 4.10 Persyaratan P-Δ

##### Data perhitungan:

Priode mode getar fundamental:

Beban aksial terfaktor (Pu) = 1556926 N

Kuat lentur nominal tiang = 635670,8 Nm

T = 0,89 detik

Ts = 0,79 detik

1,25 Ts = 1,2 x 0,79 = 0,99 detik

Karena T < 1,25 Ts, maka:

$$R_d = \left(1 - \frac{1}{R}\right) \frac{1,25T_s}{T} + \frac{1}{R} \quad \text{dengan } R = 1$$

$$R_d = \left(1 - \frac{1}{1}\right) \frac{1,25 \times 0,79}{0,89} + \frac{1}{1} = 1$$

##### Persyaratan P-Δ Arah X

Pergoyangan arah x Δe = 0,0375 m

Δ = Rd Δe = 1 x 0,0375 m = 0,0375

Δ Pu = 0,0375 x 1556926 N = 58330,7 Nm

0.25 φ Mn = 0,25 x 0,9 x 635670,8 Nm = 143025,93 Nm

Persyaratan:

$$\begin{array}{rclcl} \Delta P_u & < & 0.25 \phi M_n & & \\ 58330,7 \text{ Nm} & < & 143025,93 \text{ Nm} & & \text{OK} \end{array}$$

### Persyaratan P-Δ Arah Y

Pergoyangan arah x  $\Delta e = 0,0288 \text{ m}$

$$\Delta = R_d \Delta e = 1 \times 0,0288 \text{ m} = 0,0288$$

$$\Delta P_u = 0,0288 \times 1556926 \text{ N} = 44817,48 \text{ Nm}$$

$$0.25 \phi M_n = 0,25 \times 0,9 \times 635670,8 \text{ Nm} = 143025,93 \text{ Nm}$$

Persyaratan:

$$\begin{array}{rclcl} \Delta P_u & < & 0.25 \phi M_n & & \\ 44817,48 \text{ Nm} & < & 143025,93 \text{ Nm} & & \text{OK} \end{array}$$

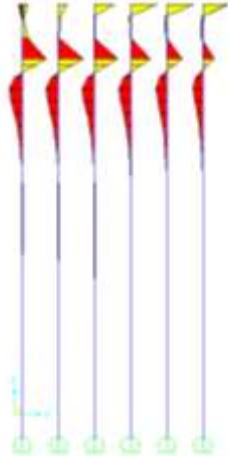
### Persyaratan Momen



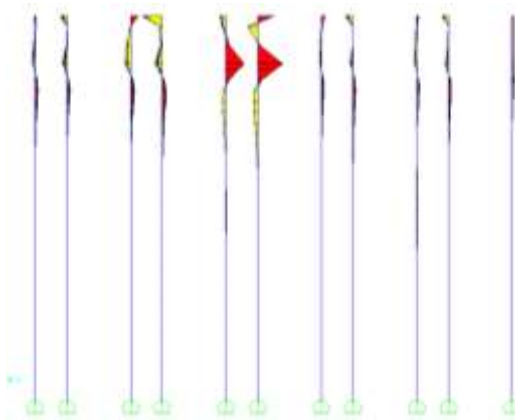
*Gambar 4. 58 Kapasitas Momen Curvature Penampang Komposit*

$$\begin{array}{rcl}
 \Delta P_u + \text{Momen Terjadi} & < & \text{Kapasitas Momen Curvature} \\
 58330,7 + 635670,8 \text{ Nm} & < & 1114385 \text{ Nm} \\
 694001,5 \text{ Nm} & < & 1114385 \text{ Nm} \quad \quad \quad \mathbf{OK}
 \end{array}$$

#### 4.11 Evaluasi Kapasitas Pondasi Tiang Pancang Terhadap Tekuk



*Gambar 4. 59 Letak Momen M2-2 pada Tiang Pancang*



*Gambar 4. 60 Letak Momen M3-3 pada Tiang Pancang*

Berdasarkan hasil running SAP 2000 diatas dapat disimpulkan bahwa momen terbesar tiang pancang berada di sepanjang 6 m dari bottom pierhead, sedangkan pada kedalam 6 m dari bottom pierhead ditambahkan tulangan pile head treatment (PHT). Kapasitas Momen Curvature pada penampang tiang pancang ditambah PHT sebagai berikut:

$$M_p = 113,64 \text{ Ton}$$



**Gambar 4. 61 Kapasitas Momen Diameter 60 Cm**

Sedangkan momen yang terjadi pada tiang pancang adalah sebesar:

**Tabel 4. 11 Momen Terjadi pada Tiang Pancang Diameter 60 cm + PHT**

Frame	Station	Output/Case	CaseType	StopType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	Ton-f	Ton-f	Ton-f	Ton-f-m	Ton-f-m	Ton-f-m
3345	1	KUAT II -SET-	Combination		-64,9218	26,2172	-0,6262	0,0000265	0,24147	4,89739
3345	0	KUAT II -SET-	Combination		-63,3505	26,5496	13,6902	0,000027	13,21186	36,94398
3345	0,5	KUAT II -SET-	Combination		-63,7987	26,5496	13,6903	0,000027	6,36674	17,67121
3345	1	KUAT III -SET-	Combination		-84,227	26,5496	13,6902	0,000027	-0,47038	4,79663
3345	0	KUAT IV -SET-	Combination		-84,0832	26,3172	-0,6262	0,0000265	-0,38475	30,61458
3345	0,5	KUAT IV -SET-	Combination		-84,4838	26,2172	-0,6262	0,0000265	-0,07194	17,50209
3345	1	KUAT IV -SET-	Combination		-84,9218	26,2172	-0,6262	0,0000265	0,24147	4,89739
3345	0	KUAT V -SET-	Combination		-63,8448	26,3131	3,5093	0,00009661	3,54295	30,73027
3345	0,5	KUAT V -SET-	Combination		-64,2831	26,3131	3,5093	0,00009661	1,78811	17,55372
3345	1	KUAT V -SET-	Combination		-64,7213	26,3131	3,5093	0,00009661	0,03387	4,89717
3345	0	LAYAN I -SET-	Combination		-48,0894	20,0644	2,6421	0,00007268	2,69798	23,41241
3345	0,5	LAYAN I -SET-	Combination		-48,4263	20,0644	2,6421	0,00007268	1,34805	13,1802
3345	1	LAYAN I -SET-	Combination		-48,7636	20,0644	2,6421	0,00007268	0,02392	1,34709
3345	0	LAYAN II -SET-	Combination		-48,2403	15,9923	-0,4708	0,0000199	-0,28834	23,34039
3345	0,5	LAYAN II -SET-	Combination		-48,5774	15,9923	-0,4708	0,0000199	-0,05312	13,34426
3345	1	LAYAN II -SET-	Combination		-48,9145	15,9923	-0,4708	0,0000199	0,1823	3,34814
3345	0	LAYAN III -SET-	Combination		-48,2403	15,9923	-0,4708	0,0000199	-0,28834	23,34039
3345	0,5	LAYAN III -SET-	Combination		-48,5774	15,9923	-0,4708	0,0000199	-0,05312	13,34426
3345	1	LAYAN III -SET-	Combination		-48,9145	15,9923	-0,4708	0,0000199	0,1823	3,34814
3345	0	LAYAN IV -SET-	Combination		-47,8923	20,1584	6,6874	0,00014	6,50979	23,50609
3345	0,5	LAYAN IV -SET-	Combination		-48,23	20,1584	6,6874	0,00014	3,16607	13,42667
3345	1	LAYAN IV -SET-	Combination		-48,5671	20,1584	6,6874	0,00014	-0,17763	1,34766
									63,54768	53,58145
									-63,56708	-54,6121

Kapasitas tekuk tiang dapat dilihat dari perbandingan antara momen yang terjadi dengan kapasitas momen curvature tiang pancang, sebagai berikut:

**Tabel 4. 12 Perbandingan antara Momen Terjadi dan Kapasitas Momen Curvature Tiang Pancang**

Diameter Tiang Pancang	Momen (My) terjadi (Ton)	Momen (My) terjadi (Ton)	Kapasitas Momen Curvature (Ton)
D 60	63,57	54,01	113,64

Sehingga dapat disimpulkan bahwa bila momen terjadi kurang dari momen kapasitas curvature

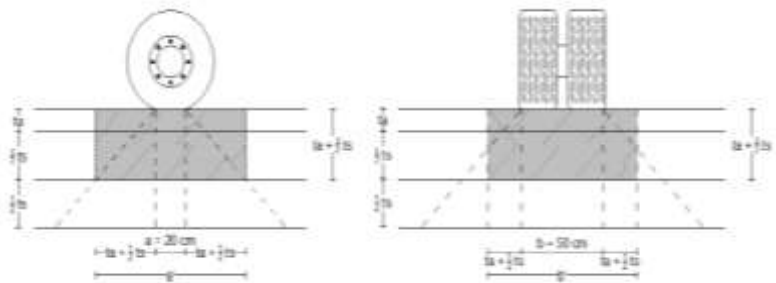


## 4.12 Perhitungan Tulangan Half Slab Precast

### 4.12.1 Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 5 m

#### Pemeriksaan Terhadap Geser Pons

##### - Posisi 1



*Gambar 4. 62 Posisi 1 Geser Pons*

Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$ts = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$ta = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + ta + ta + 0,5ts + 0,5ts = a + 2ta + ts = 790 \text{ mm}$$

$$b' = b + ta + ta + 0,5ts + 0,5ts = b + 2ta + ts = 1090 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 3760 \text{ mm}$$

$$dy = h - d - \text{Øtul lentur} - 1/2\text{Øtul lentur} = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 1165600 \text{ mm}^2$$

**Berat truk :**

$$\text{Beban truk (T)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (DLA)} = 40\%$$

$$\text{Berat truk} = T \times (1 + \text{DLA}) = 157,5 \text{ kN}$$

$$\text{Tut t} = 2T_{tt} = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 1047059,49 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

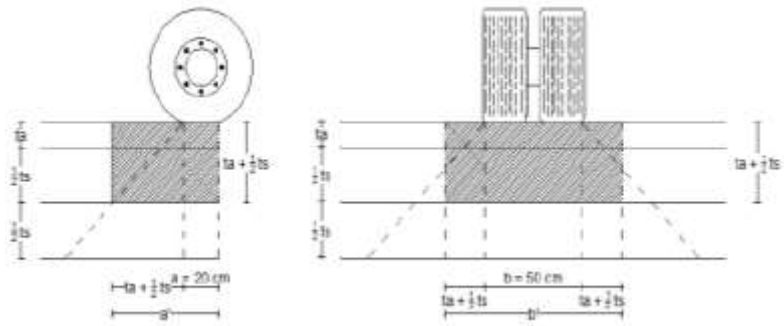
$$V_n = \phi V_c = 628235,693 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_u \\ 628235,69 & > & 315000 \end{array} \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

**- Posisi 2**



**Gambar 4. 63 Posisi 2 Geser Pons**

Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$t_s = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$t_a = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + t_a + 0,5 t_s = 495 \text{ mm}$$

$$b' = b + t_a + 0,5 t_s = 795 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 2580 \text{ mm}$$

$$d = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 799800 \text{ mm}$$

**Berat truk :**

$$T_{\text{tt}} = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 718461,03 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 431076,62 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_{\text{tt}} \\ 431076,62 & > & 315000 \quad \text{OK} \end{array}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

**Diketahui :**

Panjang bentang antar pierhead = 6 m

Panjang bersih antar pierhead (b) = 5 m

Modification factor = 1,38

Lebar komponen pelat pracetak (a) = 1,36 m

**Desain Preliminary**

Penentuan tebal komponen pelat pracetak  $L/20 = 0,3 \text{ m}$

Diambil tebal = 35 cm

**Perhitungan Tulangan**

Mutu beton  $f_c' = 30 \text{ MPa} = \text{K-350}$

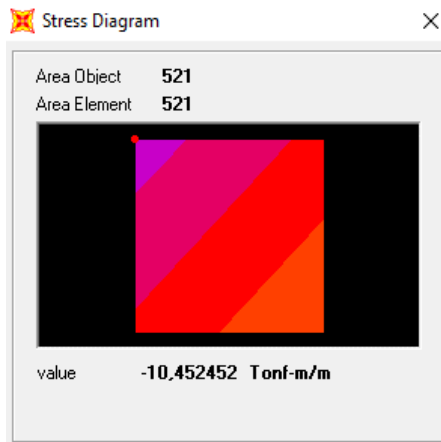
Mutu tulangan  $f_y = 240 \text{ MPa} (< D13)$

$f_y = 400 \text{ MPa} (> D13)$

Tebal slab total = 350 mm

Tebal slab precast	= 220 mm
Tebal slab insitu	= 130 mm
Lebar slab “b”	= 1358,33 mm
Cover beton	= 40 mm
Tebal efektif “d” saat komposit	= 303,5 mm
Tebal efektif “d” overtopping	= 90 mm

### **Tulangan Melintang**



### **Layer 1 (Bottom)**

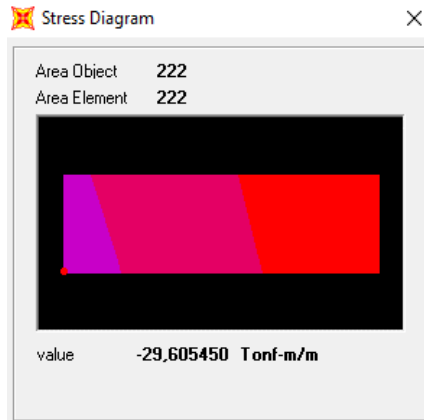
Momen Ultimate	= 10,45 Tm/m
Penulangan	= 15 D13
Ast terpasang	= 1990,98 mm <sup>2</sup> /m
fy	= 400 N/mm <sup>2</sup>
T = Ast . fy	= 796393,74 N/m
a = T/(0,85 . fc' . b)	= 22,99 mm
Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2)	= 18,60 Tm/m
Cek Persyaratan :	
Momen kapasitas	> Momen ultimate
18,60 Tm/m	> 10,45 Tm/m <b>OK</b>

**Layer 2 (Middle)**

Momen Ultimate	=	10,45 Tm/m	
Penulangan	=	D19-150	
Ast terpasang	=	9639,98 mm <sup>2</sup> /m	
fy	=	400 N/mm <sup>2</sup>	
T = Ast . fy	=	3855990,82 N/m	
a = T/(0,85 . fc' . b)	=	111,32 mm	
Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2)	=	10,59 Tm/m	
Cek Persyaratan :			
Momen kapasitas	>	Momen ultimate	
10,59 Tm/m	>	10,45 Tm/m	<b>OK</b>

**Layer 3 (Top-Tulangan Ikat)**

Penulangan	=	D13-200
------------	---	---------

**Tulangan Memanjang****Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate	=	29,62 Tm/m	
Penulangan	=	13 D19	
Ast terpasang	=	3685,87 mm <sup>2</sup> /m	
fy	=	400 N/mm <sup>2</sup>	

$$T = A_{st} \cdot f_y = 1474349,43 \text{ N/m}$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) = 42,57 \text{ mm}$$

$$\text{Momen kapasitas} = 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 31,75 \text{ Tm/m}$$

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas	>	Momen ultimate	
31,75 Tm/m	>	29,62 Tm/m	<b>OK</b>

### Layer 2 (Middle-Tulangan Ikat)

Penulangan = 5 D13

### Layer 3 (Top Tumpuan)

Momen Ultimate = 29,62 Tm/m

Penulangan = D19-100

$A_{st}$  terpasang = 3969,40 mm<sup>2</sup>/m

$f_y$  = 400 N/mm<sup>2</sup>

$$T = A_{st} \cdot f_y = 1587760,93 \text{ N/m}$$

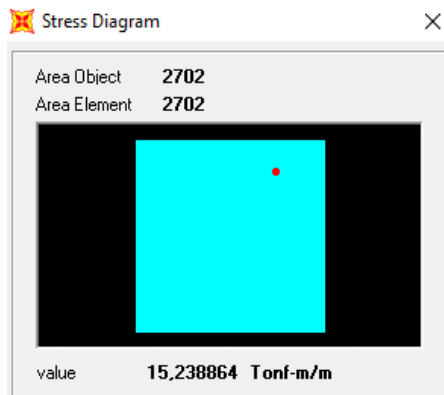
$$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) = 45,84 \text{ mm}$$

$$\text{Momen kapasitas} = 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 33,99 \text{ Tm/m}$$

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas	>	Momen ultimate	
33,99 Tm/m	>	29,62 Tm/m	<b>OK</b>

### Layer 3 (Top Lapangan)



Momen Ultimate		= 15,24 Tm/m
Penulangan		= D13-100
Ast terpasang		= 1858,25 mm <sup>2</sup> /m
fy		= 400 N/mm <sup>2</sup>
T = Ast . fy		= 743300,82 N/m
a = T/(0,85 . fc' . b)		= 21,46 mm
Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2)		= 16,64 Tm/m
Cek Persyaratan :		
Momen kapasitas	>	Momen ultimate
16,64 Tm/m	>	15,24 Tm/m <b>OK</b>

### **Kontrol Pelat Precast**

Mutu beton precast :

28 hari     $f_c' = 30 \text{ MPa}$

14 hari     $f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$

7 hari     $f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$

3 hari     $f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ MPa}$

Diameter tulangan  $D = 19 \text{ mm}$

### **Data perencanaan :**

Tebal precast = 220 mm

Tebal In situ = 130 mm

### **Beban mati :**

Beban precast =  $0,22 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$

Berat In situ =  $0,13 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ kg/m}^2$

### **Beban hidup :**

Pekerja = 250 kg

### **Pembebanan :**

qu pengangkatan dan penumpukan :

=  $1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$

qu saat pemasangan :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

Pu saat pemasangan :

$$= 1,6 \times \text{beban pekerja} = 400 \text{ kg}$$

qu saat pengecoran :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} + \text{in situ} = 945,6 \text{ kg/m}^2$$

### Momen tahanan :

Arah X  $b/2 = 2,5 \text{ m}$   
 (arah panjang)  $W_x = 1/6 \times b \times h^2$   
 $= 1/6 \times 2,5 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2$   
 $= 0,0292 \text{ m}^3$

Arah Y  $a/2 = 0,68 \text{ m}$   
 (arah pendek)  $W_y = 1/6 \times b \times h^2$   
 $= 1/6 \times 0,68 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2$   
 $= 0,0055 \text{ m}^3$

### Kontrol Saat Pengangkatan, Umur 3 Hari

Mutu beton precast :

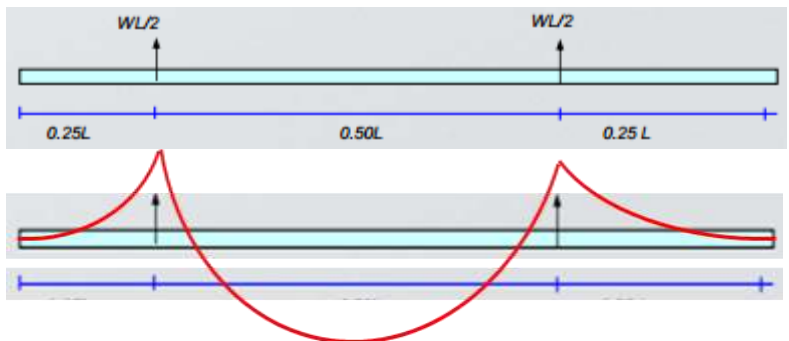
$$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 2,42 \text{ MPa}$$

Beban adalah berat sendiri pelat precast =  $633,6 \text{ kg/m}^2$

Pengangkatan dengan 4 titik angkat :



**Gambar 4. 64 Bidang Momen pada Pelat saat Pengangkatan**



$$\begin{aligned}
 M_x &= -M_x = 0,0107 \cdot Q \cdot a^2 \cdot b = 62,543 \text{ kgm} \\
 M_y &= -M_y = 0,0107 \cdot Q \cdot a \cdot b^2 = 313,938 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor kejut} &= 1,5 \\
 M_x' &= -M_x' = 93,815 \text{ kgm} \\
 M_y' &= -M_y' = 470,907 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Tegangan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{9381,5 \text{ kgcm}}{20166,7 \text{ cm}^3} = 0,47 \text{ kg/cm}^2 = 0,0465 \text{ MPa} \\
 &= 0,047 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

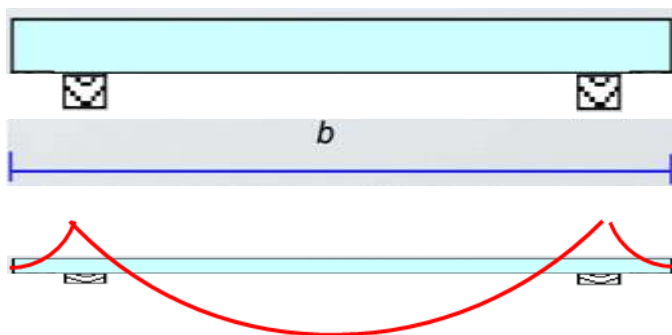
$$\begin{aligned}
 \sigma_y &= \frac{47091 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 8,60 \text{ kg/cm}^2 = 0,8595 \text{ MPa} \\
 &= 0,860 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Saat Penumpukan, Umur 3 Hari

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



*Gambar 4. 65 Bidang Momen pada Pelat saat Penumpukan*

$$\begin{aligned}
 M_x &= 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 2480 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor kejut} &= 1,5 = 3720 \text{ kgm} \\
 M_y &= 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor Kejut} &= 1,5 = 422,9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**Teganngan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{372000 \text{ kgcm}}{20166,7 \text{ cm}^3} = 18,45 \text{ kg/cm}^2 = 1,84 \text{ MPa}$$

$$= 1,84 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

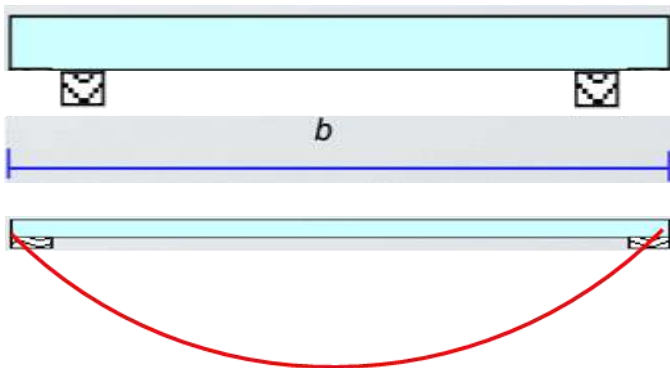
$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

**Kontrol Saat Pemasangan, Umur 7 Hari**

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



***Gambar 4. 66 Bidang Momen pada Pelat saat Pemasangan***

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 2480 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 3720 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 422,9 \text{ kgm}$$

**Teganngan yang terjadi**

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{372000 \text{ kgcm}}{20166,7 \text{ cm}^3} = 18,45 \text{ kg/cm}^2 = 1,84 \text{ MPa} \\ &= 1,84 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK} \\ \sigma_y &= \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa} \\ &= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}\end{aligned}$$

### **Kontrol Saat Pengecoran, Umur 14 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,60 \text{ MPa}$$



**Gambar 4. 67 Bidang Momen pada Pelat saat Pengecoran**

**Momen tahanan :**

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t^2 = 0,028 \text{ m}^3$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 3455 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 5182,5 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 353,9 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 530,9 \text{ kgm}$$

**Tegannngan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{518250 \text{ kgcm}}{20166,7 \text{ cm}^3} = 25,70 \text{ kg/cm}^2 = 2,57 \text{ MPa}$$

$$= 2,57 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{53088 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 9,69 \text{ kg/cm}^2 = 0,97 \text{ MPa}$$

$$= 0,97 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

### **Cek Lendutan**

Lendutan maksimum pada arah memanjang :

$$\Delta_0 = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 500 = 1,39 \text{ cm}$$

Modulus Elastisitas :

$$E = 81406,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 12,844 \text{ kg/cm}$$

Momen Inersia :

$$I = 485321,2 \text{ cm}^4$$

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{4,01 \times 10^{12}}{1,52 \times 10^{13}} = 0,26 \text{ cm}$$

Syarat :

$$\Delta_{\text{maks}} < \Delta_0 \rightarrow 0,26 \text{ cm} < 1,39 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

### **Menghitung Besar Tulangan Angkat**

**Beban :**

Berat sendiri precast	= 4302, kg
Stud+tul. angkat	= 430,32 kg
Total beban mati (DL)	= 4733,52 kg
Beban hidup 1 orang pekeja	= 250 kg

$$\text{Beban yang harus diangkat} = 4938,52 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang diterima setiap titik angkat} = 1245,9 \text{ kg}$$

$$\text{Tegangan Tarik ijin baja } (f_y) = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bj} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{\sigma_{bj}} = \frac{1245,88}{2666,67} = 0,47 \text{ cm}^2$$

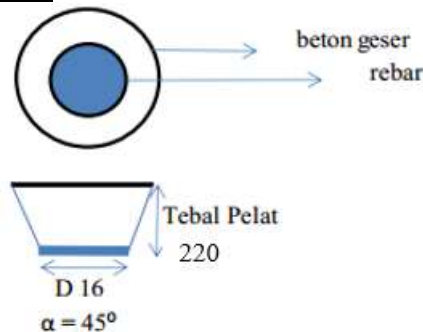
Dipakai tulangan : D16 = 2,011 cm<sup>2</sup>

Selimut beton precast = 40 mm

h efektif = h precast - tebal selimut = 148 mm

Maka digunakan tulangan angkat D-16 dengan kedalaman efektif baja adalah 148 mm.

### Kontrol Geser



**Gambar 4. 68 Bidang Geser**

Penampang geser :

$$A = \text{keliling} \times \text{tinggi} = 9623577,944 \text{ mm}^2$$

Gaya geser ultimate :

$$V_u / \phi = 1,3 \times 12459 / 0,6 = 26994 \text{ N}$$

Tahanan geser beton :

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} A = 8785084,54 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{lll} V_u / \phi & < & V_c \\ 26994,07 & < & 8785084,54 \quad \text{OK} \end{array}$$

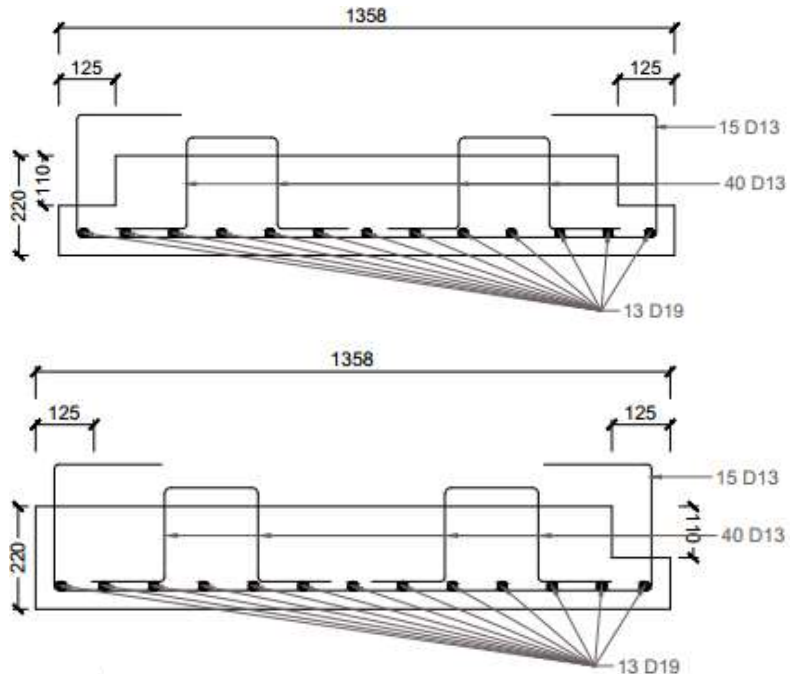
### Shear Connector

$V_u$  dipakai kapasitas  $A_{st} = 685,87 \text{ mm}^2$   
 $V_u$  dipakai : 4 kaki D13 =  $A_{st} = 530,93 \text{ mm}^2$   
 Gaya geser Ultimate :  $V_u / \phi = A_{st} f_y / \phi = 884610 \text{ N}$   
 $V_u / \phi < V_s$   
 $884610 \text{ N} < 0,56 \times 2 \times A_{st} \times f_y \times n$   
 $n = 7,438 \approx 8 \text{ buah/m}$

### **Sambungan Melintang Antar Precast**

Tulangan arah memanjang = 4 Ø10

Tulangan arah melintang = Ø10 -200

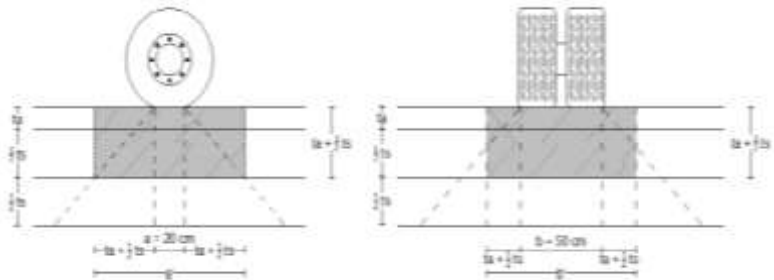


**Gambar 4. 69 Tulangan Half Slab Precast L = 5 m**

#### 4.12.2 Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 5,485 m

##### Pemeriksaan Terhadap Geser Pons

##### - Posisi 1



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$ts = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$ta = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + ta + 0,5ts + 0,5ts = a + 2ta + ts = 790 \text{ mm}$$

$$b' = b + ta + ta + 0,5ts + 0,5ts = b + 2ta + ts = 1090 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 3760 \text{ mm}$$

$$dy = h - d - \text{Øtul lentur} - 1/2\text{Øtul lentur} = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 1165600 \text{ mm}^2$$

**Berat truk :**

$$\text{Beban truk (T)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (DLA)} = 40\%$$

$$\text{Berat truk} = T \times (1 + \text{DLA}) = 157,5 \text{ kN}$$

$$\text{Tut t} = 2T_{tt} = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 1047059,49 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

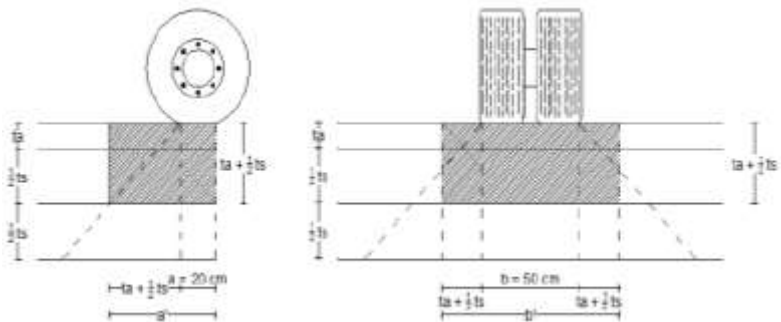
$$V_n = \phi V_c = 628235,693 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_u \\ 628235,69 & > & 315000 \end{array} \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

### - Posisi 2



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$ts = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$ta = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + ta + 0,5ts = 495 \text{ mm}$$

$$b' = b + ta + 0,5ts = 795 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 2580 \text{ mm}$$

$$d = 310 \text{ mm}$$

$$A_{pons} = k \times d = 799800 \text{ mm}$$



**Berat truk :**

Tu tt = 315 kN

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 718461,03 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 431076,62 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_u \text{ tt} \\ 431076,62 & > & 315000 \quad \text{OK} \end{array}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

**Diketahui :**

Panjang bentang antar pierhead = 6 m  
 Panjang bersih antar pierhead (b) = 5,485 m  
 Modification factor = 1,38  
 Lebar komponen pelat pracetak (a) = 1,358 m

**Desain Preliminary**

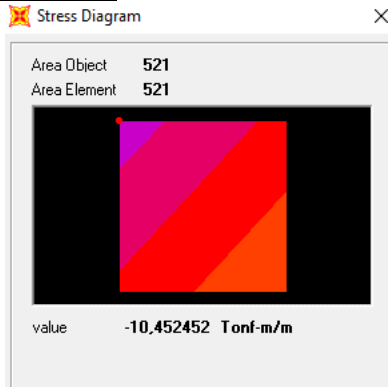
Penentuan tebal komponen pelat pracetak  $L/20 = 0,3 \text{ m}$   
 Diambil tebal = 35 cm

**Perhitungan Tulangan**

Mutu beton	$f_c' = 30 \text{ MPa} = \text{K-350}$
Mutu tulangan	$f_y = 240 \text{ MPa} (< D13)$
	$f_y = 400 \text{ MPa} (> D13)$
Tebal slab total	= 350 mm
Tebal slab precast	= 220 mm
Tebal slab insitu	= 130 mm
Lebar slab “b”	= 1358 mm
Cover beton	= 40 mm

Tebal efektif “d” saat komposit = 303,5 mm  
 Tebal efektif “d” overtopping = 90 mm

### Tulangan Melintang



#### **Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate = 10,45 Tm/m  
 Penulangan = 16 D13  
 Ast terpasang = 2132,72 mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 T = Ast . fy = 849486,65 N/m  
 a = T / (0,85 . fc' . b) = 24,53 mm  
 Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2) = 19,79 Tm/m  
 Cek Persyaratan :  
 Momen kapasitas > Mmen ultimate  
 19,79 Tm/m > 10,45 Tm/m **OK**

#### **Layer 2 Middle)**

Momen Ultimate = 10,45 Tm/m  
 Penulangan = D19-150  
 Ast terpasang = 10490,56 mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 T = Ast . fy = 4196225,31 N/m  
 a = T / (0,85 . fc' . b) = 121,15 mm

$$\text{Momen kapasitas} = 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 9,88 \text{ Tm/m}$$

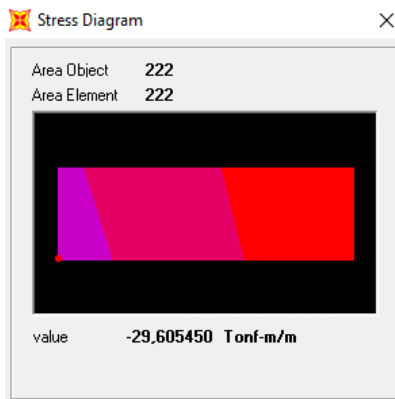
Cek Persyaratan :

Momen kapasitas	>	Mmen ultimate	
9,88 Tm/m	>	10,45 Tm/m	<b>OK</b>

### **Layer 3 (Top-Tulangan Ikat)**

Penulangan = D13-200

### **Tulangan Memanjang**



### **Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate = 29,62 Tm/m

Penulangan = 13 D19

Ast terpasang = 3685,87 mm<sup>2</sup>/m

$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$

$T = A_{st} \cdot f_y = 1474349,43 \text{ N/m}$

$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) = 42,57 \text{ mm}$

Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 31,75 \text{ Tm/m}$

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas	>	Mmen ultimate	
31,75 Tm/m	>	29,62 Tm/m	<b>OK</b>

### **Layer 2 (Middle-Tulangan Ikat)**

Penulangan = 5 D13

### Layer 3 (Top Tumpuan)

Momen Ultimate = 29,62 Tm/m

Penulangan = D19-100

Ast terpasang = 3969,40 mm<sup>2</sup>/m

$f_y$  = 400 N/mm<sup>2</sup>

$T = A_{st} \cdot f_y$  = 1587760,93 N/m

$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$  = 45,84 mm

Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2)$  = 33,99 Tm/m

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas > Mmen ultimate

33,99 Tm/m > 29,62 Tm/m **OK**

### Layer 3 (Top Lapangan)



Momen Ultimate = 15,24 Tm/m

Penulangan = D13-100

Ast terpasang = 1858,25 mm<sup>2</sup>/m

$f_y$  = 400 N/mm<sup>2</sup>

$T = A_{st} \cdot f_y$  = 743300,82 N/m

$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$  = 21,46 mm

Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2)$  = 16,64 Tm/m

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas > Mmen ultimate

$$16,64 \text{ Tm/m} > 15,24 \text{ Tm/m} \quad \mathbf{OK}$$

### **Kontrol Pelat Precast**

Mutu beton precast :

$$28 \text{ hari} \quad f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$14 \text{ hari} \quad f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$$

$$7 \text{ hari} \quad f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$$

$$3 \text{ hari} \quad f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$$

Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ MPa}$

Diameter tulangan  $D = 19 \text{ mm}$

### **Data perencanaan :**

Tebal precast = 220 mm

Tebal In situ = 130 mm

### **Beban mati :**

$$\text{Beban precast} = 0,22 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat In situ} = 0,13 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ kg/m}^2$$

### **Beban hidup :**

$$\text{Pekerja} = 250 \text{ kg}$$

### **Pembebanan :**

qu pengangkatan dan penumpukan :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

qu saat pemasangan :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

Pu saat pemasangan :

$$= 1,6 \times \text{beban pekerja} = 400 \text{ kg}$$

qu saat pengecoran :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} + \text{in situ} = 945,6 \text{ kg/m}^2$$

### **Momen tahanan :**

$$\text{Arah X} \quad b/2 = 2,7425 \text{ m}$$

$$(\text{arah panjang}) \quad W_x = 1/6 \times b \times h^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/6 \times 2,7425 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2 \\
 &= 0,0221 \text{ m}^3 \\
 \text{Arah Y} \quad a/2 &= 0,68 \text{ m} \\
 \text{(arah pendek)} \quad W_y &= 1/6 \times b \times h^2 \\
 &= 1/6 \times 0,68 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2 \\
 &= 0,0055 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

### **Kontrol Saat Pengangkatan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

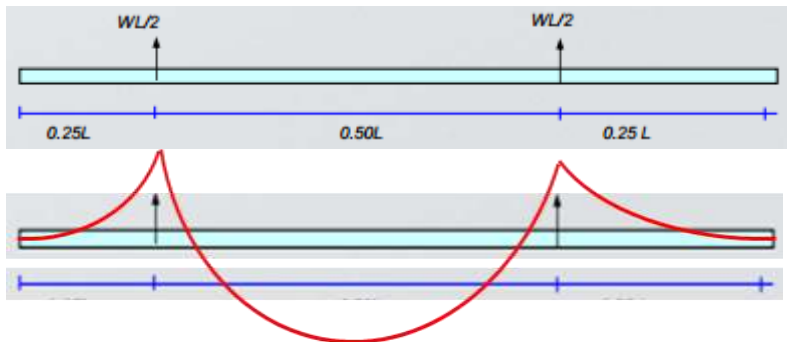
$$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}'} = 2,42 \text{ MPa}$$

Beban adalah berat sendiri pelat precast =  $633,6 \text{ kg/m}^2$

Pengangkatan dengan 4 titik angkat :



$$\begin{aligned}
 M_x = -M_x &= 0,0107 \cdot Q \cdot a^2 \cdot b = 68,610 \text{ kgm} \\
 M_y = -M_y &= 0,0107 \cdot Q \cdot a \cdot b^2 = 377,796 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor kejut} &= 1,5 \\
 M_x' = -M_x' &= 102,915 \text{ kgm} \\
 M_y' = -M_y' &= 566,694 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### **Tegannan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{10291,5 \text{ kgcm}}{22122,8 \text{ cm}^3} = 0,47 \text{ kg/cm}^2 = 0,0465 \text{ MPa}$$

$$= 0,047 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{56669 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 10,34 \text{ kg/cm}^2 = 1,0344 \text{ MPa}$$

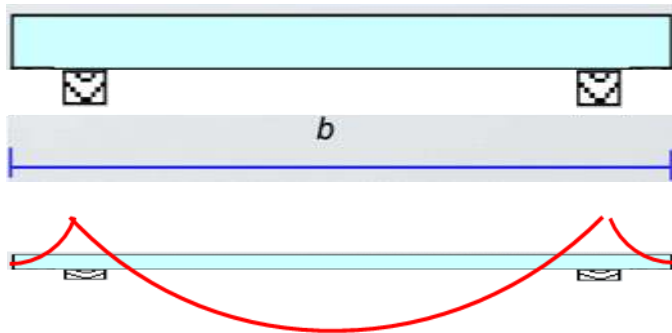
$$= 1,034 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

### **Kontrol Saat Penumpukan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 2931,25 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad = 4396,88 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 \quad = 422,9 \text{ kgm}$$

### **Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{439687 \text{ kgcm}}{22122,8 \text{ cm}^3} = 19,87 \text{ kg/cm}^2 = 1,99 \text{ MPa}$$

$$= 1,99 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

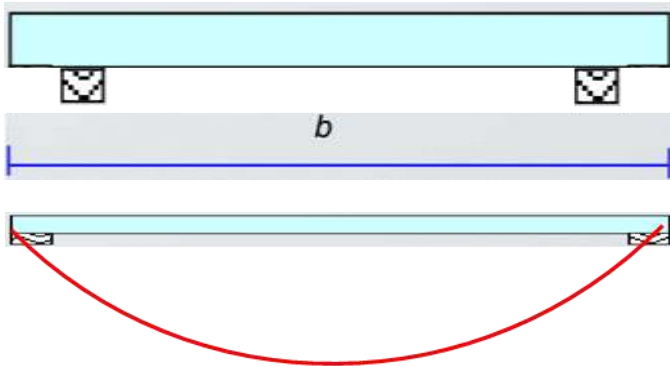
$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

### **Kontrol Saat Pemasangan, Umur 7 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 2931,25 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 4396,88 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 422,9 \text{ kgm}$$

**Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{439687 \text{ kgcm}}{22122,8 \text{ cm}^3} = 19,87 \text{ kg/cm}^2 = 1,99 \text{ MPa}$$

$$= 1,99 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

**Kontrol Saat Pengecoran, Umur 14 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :



$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,60 \text{ MPa}$$



#### Momen tahanan :

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t^2 = 0,028 \text{ m}^3$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 4104,57 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 6156,86 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 353,9 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 530,9 \text{ kgm}$$

#### Tegangan yang terjadi

$$\sigma_x = \frac{615686 \text{ kgcm}}{22122,8 \text{ cm}^3} = 27,83 \text{ kg/cm}^2 = 2,78 \text{ MPa}$$

$$= 2,78 \text{ MPa} < f_r$$

OK

$$\sigma_y = \frac{53088 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 9,69 \text{ kg/cm}^2 = 0,97 \text{ MPa}$$

$$= 0,97 \text{ MPa} < f_r$$

OK

#### Cek Lendutan

Lendutan maksimum pada arah memanjang :

$$\Delta_0 = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 548,5 = 1,52 \text{ cm}$$

Modulus Elastisitas :

$$E = 81406,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 12,844 \text{ kg/cm}$$

Momen Inersia :

$$I = 485321,2 \text{ cm}^4$$

$$L = 548,5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{maks} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5,81 \times 10^{12}}{1,52 \times 10^{13}} = 0,38 \text{ cm}$$

Syarat :

$$\Delta_{maks} < \Delta_0 \rightarrow 0,38 \text{ cm} < 1,52 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

### Menghitung Besar Tulangan Angkat

**Beban :**

$$\text{Berat sendiri precast} = 4720,61 \text{ kg}$$

$$\text{Stud+tul. angkat} = 472,061 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 5192,671 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup 1 orang pekeja} = 250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang harus diangkat} = 5442,671 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang diterima setiap titik angkat} = 1360,7 \text{ kg}$$

$$\text{Tegangan Tarik ijin baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bj} = \frac{fy}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{\sigma_{bj}} = \frac{1360,67}{2666,67} = 0,51 \text{ cm}^2$$

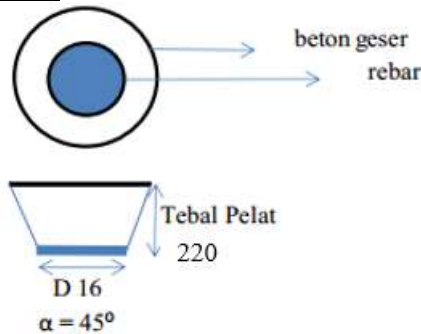
$$\text{Dipakai tulangan : D16} = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$\text{Selimut beton precast} = 40 \text{ mm}$$

$$h \text{ efektif} = h \text{ precast} - \text{tebal selimut} = 148 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D-16 dengan kedalaman efektif baja adalah 148 mm.

### Kontrol Geser



Penampang geser :

$$A = \text{keliling} \times \text{tinggi} = 9623577,944 \text{ mm}^2$$

Gaya geser ultimate :

$$V_u / \phi = 1,3 \times 12459 / 0,6 = 29481 \text{ N}$$

Tahanan geser beton :

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} A = 8785084,54 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$V_u / \phi$	<	$V_c$	
29481,14	<	8785084,54	<b>OK</b>

### Shear Connector

$$V_u \text{ dipakai kapasitas} = A_{st} = 3685,87 \text{ mm}^2$$

$$V_u \text{ dipakai : } 4 \text{ kaki D13} = A_{st} = 530,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya geser Ultimate : } V_u / \phi = A_{st} f_y / \phi = 884610 \text{ N}$$

$$V_u / \phi < V_s$$

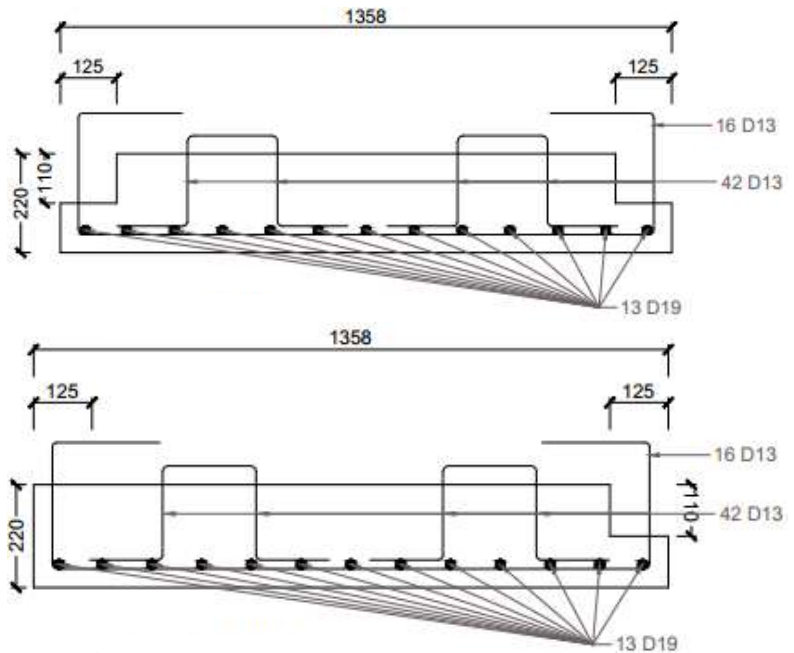
$$884610 \text{ N} < 0,56 \times 2 \times A_{st} \times f_y \times n$$

$$n = 7,438 \approx 8 \text{ buah/m}$$

### Sambungan Melintang Antar Precast

$$\text{Tulangan arah memanjang} = 4 \text{ } \varnothing 10$$

$$\text{Tulangan arah melintang} = \varnothing 6 - 200$$

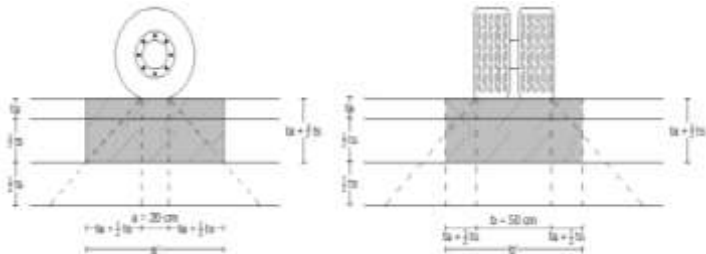


*Gambar 4. 70 Tulangan Half Slab Precast  $L = 5,485 \text{ m}$*

#### 4.12.3 Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 2 m

##### Pemeriksaan Terhadap Geser Pons

- Posisi 1



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$t_s = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$t_a = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + t_a + t_a + 0,5t_s + 0,5t_s = a + 2t_a + t_s = 790 \text{ mm}$$

$$b' = b + t_a + t_a + 0,5t_s + 0,5t_s = b + 2t_a + t_s = 1090 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 3760 \text{ mm}$$

$$d_y = h - d - \text{Ø tul lentur} - 1/2 \text{Ø tul lentur} = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 1165600 \text{ mm}^2$$

**Berat truk :**

$$\text{Beban truk (T)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (DLA)} = 40\%$$

$$\text{Beban truk} = T \times (1 + \text{DLA}) = 157,5 \text{ kN}$$

$$T_{tt} = 2T = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 1047059,49 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 628235,693 \text{ N}$$

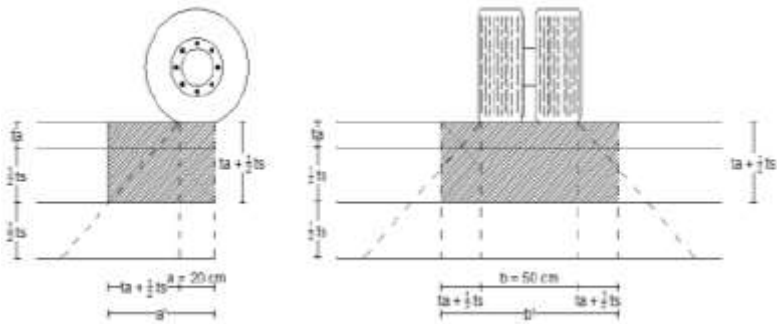
Cek persyaratan :

$$V_n > P_{tt}$$

$$628235,69 > 315000 \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

### - Posisi 2



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$ts = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$ta = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + ta + 0,5ts = 495 \text{ mm}$$

$$b' = b + ta + 0,5ts = 795 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 2580 \text{ mm}$$

$$d = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 799800 \text{ mm}$$

**Berat truk :**

$$T_{\text{tt}} = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 718461,03 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 431076,62 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_u \\ 431076,62 & > & 315000 \end{array} \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

### **Diketahui :**

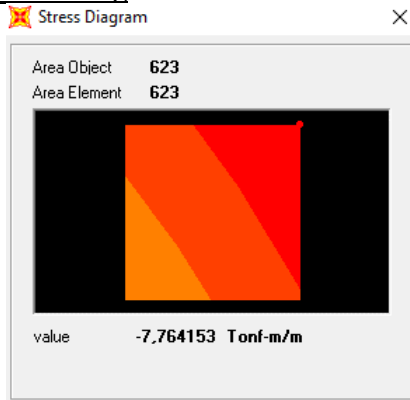
Panjang bentang antar pierhead = 3 m  
 Panjang bersih antar pierhead (b) = 2 m  
 Modification factor = 1,38  
 Lebar komponen pelat pracetak (a) = 1,36 m

### **Desain Preliminary**

Penentuan tebal komponen pelat pracetak  $L/20 = 0,15 \text{ m}$   
 Diambil tebal = 35 cm

### **Perhitungan Tulangan**

Mutu beton	$f_c' = 30 \text{ MPa} = \text{K-350}$
Mutu tulangan	$f_y = 240 \text{ MPa} (< D13)$
	$f_y = 400 \text{ MPa} (> D13)$
Tebal slab total	= 350 mm
Tebal slab precast	= 220 mm
Tebal slab insitu	= 130 mm
Lebar slab “b”	= 1358 mm
Cover beton	= 40 mm
Tebal efektif “d” saat komposit	= 303,5 mm
Tebal efektif “d” overtopping	= 130 mm

**Tulangan Melintang****Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate = 9,04 Tm/m  
 Penulangan = 8 D13  
 Ast terpasang = 1061,86mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 T = Ast . fy = 424743,33N/m  
 a = T/(0,85 . fc' . b) = 12,26 mm  
 Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2) = 10,10 Tm/m  
 Cek Persyaratan :

Momen kapasitas	>	Momen Ultimate
10,10 Tm/m	>	9,04 Tm/m <b>OK</b>

**Layer 2 Middle)**

Momen Ultimate = 9,04 Tm/m  
 Penulangan = D16-150  
 Ast terpasang = 2814,87 mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 T = Ast . fy = 1125946,81N/m  
 a = T/(0,85 . fc' . b) = 32,51 mm  
 Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2) = 10,25 Tm/m  
 Cek Persyaratan :

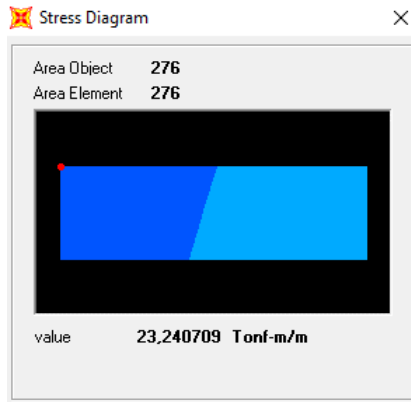
Momen kapasitas	>	Momen Ultimate
10,25 Tm/m	>	9,04 Tm/m <b>OK</b>



**Layer 3 (Top-Tulangan Ikat)**

Penulangan

= D13-200

**Tulangan Memanjang****Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate

= 23,55 Tm/m

Penulangan

= 14 D16

Ast terpasang

= 2814,87 mm<sup>2</sup>/m

fy

= 400 N/mm<sup>2</sup>

T = Ast . fy

= 1125946,81N/m

a = T/(0,85 . fc' . b)

= 32,51 mm

Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2)

= 24,70 Tm/m

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas

&gt;

Momen Ultimate

24,70 Tm/m

&gt;

23,55 Tm/m **OK****Layer 2 (Middle-Tulangan Ikat)**

Penulangan

= 5 D13

**Layer 3 (Top Tumpuan)**

Momen Ultimate

= 23,55 Tm/m

Penulangan

= D16-100

Ast terpasang

= 2814,87mm<sup>2</sup>/m

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ N/mm}^2 \\
 T &= A_{st} \cdot f_y = 1125946,81 \text{ N/m} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) = 32,51 \text{ mm} \\
 \text{Momen kapasitas} &= 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 24,70 \text{ Tm/m} \\
 \text{Cek Persyaratan :} \\
 \text{Momen kapasitas} &> \text{Momen Ultimate} \\
 24,70 \text{ Tm/m} &> 23,55 \text{ Tm/m} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### **Layer 3 (Top Lapangan)**

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Ultimate} &= 11,69 \text{ Tm/m} \\
 \text{Penulangan} &= D13-100 \\
 A_{st} \text{ terpasang} &= 1858,25 \text{ mm}^2/\text{m} \\
 f_y &= 400 \text{ N/mm}^2 \\
 T &= A_{st} \cdot f_y = 743300,82 \text{ N/m} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) = 21,46 \text{ mm} \\
 \text{Momen kapasitas} &= 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 16,64 \text{ Tm/m} \\
 \text{Cek Persyaratan :} \\
 \text{Momen kapasitas} &> \text{Momen Ultimate} \\
 16,64 \text{ Tm/m} &> 11,69 \text{ Tm/m} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### **Kontrol Pelat Precast**

Mutu beton precast :  
 28 hari  $f_c' = 30 \text{ MPa}$   
 14 hari  $f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$   
 7 hari  $f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$   
 3 hari  $f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$   
 Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 Diameter tulangan  $D = 19 \text{ mm}$

### **Data perencanaan :**

Tebal precast = 220 mm  
 Tebal In situ = 130 mm

### **Beban mati :**

$$\text{Beban precast} = 0,22 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat In situ} = 0,13 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ kg/m}^2$$

**Beban hidup :**

$$\text{Pekerja} = 250 \text{ kg}$$

**Pembebanan :**

qu pengangkatan dan penumpukan :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

qu saat pemasangan :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

Pu saat pemasangan :

$$= 1,6 \times \text{beban pekerja} = 400 \text{ kg}$$

qu saat pengecoran :

$$= 1,2 \times \text{berat precast} + \text{in situ} = 945,6 \text{ kg/m}^2$$

**Momen tahanan :**

$$\text{Arah X} \quad b/2 = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{(arah panjang)} \quad W_x &= 1/6 \times b \times h^2 \\ &= 1/6 \times 1 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2 \\ &= 0,0081 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Arah Y} \quad a/2 = 0,68 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{(arah pendek)} \quad W_y &= 1/6 \times b \times h^2 \\ &= 1/6 \times 0,68 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2 \\ &= 0,0055 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Kontrol Saat Pengangkatan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

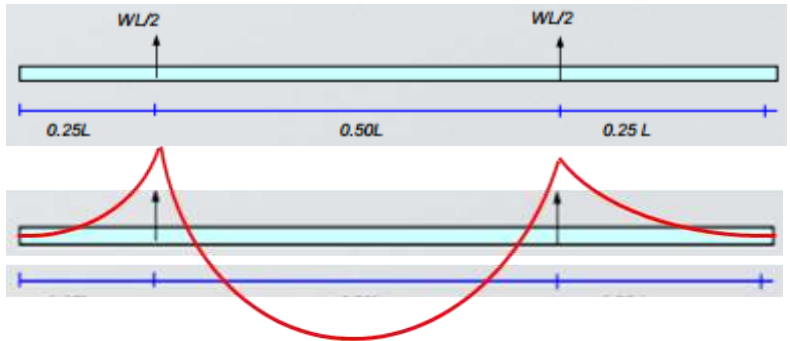
$$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}'} = 2,42 \text{ MPa}$$

Beban adalah berat sendiri pelat precast = 633,6 kg/m<sup>2</sup>

Pengangkatan dengan 4 titik angkat :



$$M_x = -M_x = 0,0107 \cdot Q \cdot a^2 \cdot b = 25,017 \text{ kgm}$$

$$M_y = -M_y = 0,0107 \cdot Q \cdot a \cdot b^2 = 50,230 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$M_x' = -M_x' = 37,526 \text{ kgm}$$

$$M_y' = -M_y' = 75,345 \text{ kgm}$$

### **Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{3752,6 \text{ kgcm}}{8066,7 \text{ cm}^3} = 0,47 \text{ kg/cm}^2 = 0,0465 \text{ MPa}$$

$$= 0,047 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

$$\sigma_y = \frac{7535 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 1,38 \text{ kg/cm}^2 = 0,1375 \text{ MPa}$$

$$= 0,1375 \text{ MPa} < f_r$$

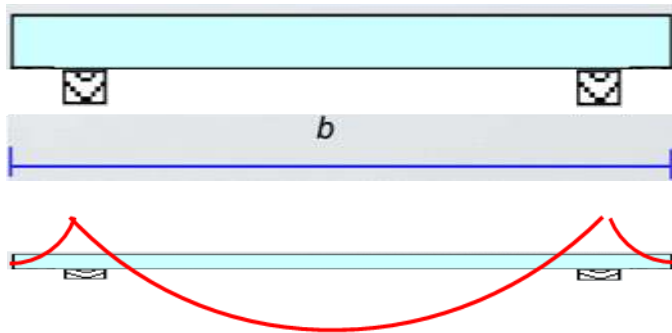
**OK**

### **Kontrol Saat Penumpukan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 516,8 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 775,2 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 422,9 \text{ kgm}$$

#### **Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{77520 \text{ kgcm}}{22122,8 \text{ cm}^3} = 9,61 \text{ kg/cm}^2 = 0,96 \text{ MPa}$$

$$= 0,96 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

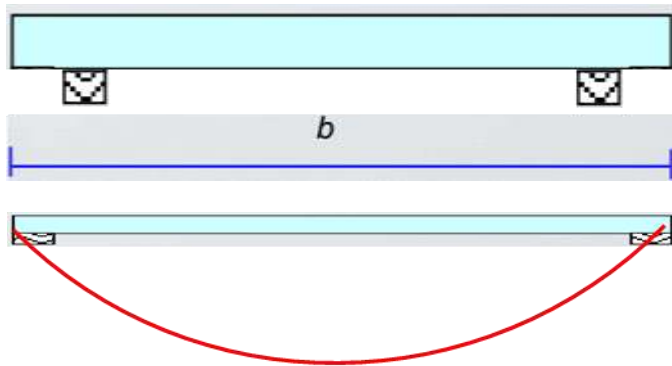
$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

#### **Kontrol Saat Pemasangan, Umur 7 Hari**

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 516,8 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 775,2 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 422,9 \text{ kgm}$$

**Tegannan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{77520 \text{ kgcm}}{8066,7 \text{ cm}^3} = 9,61 \text{ kg/cm}^2 = 0,96 \text{ MPa}$$

$$= 0,96 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

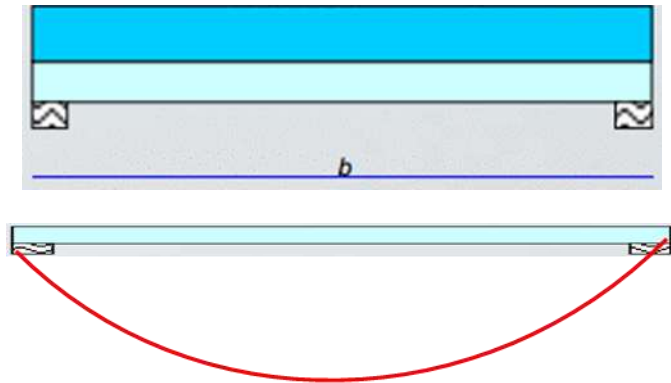
**Kontrol Saat Pengecoran, Umur 14 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,60 \text{ MPa}$$



### Momen tahanan :

$$\begin{aligned}
 W &= 1/6 \cdot a \cdot t^2 &&= 0,028 \text{ m}^3 \\
 M_x &= 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 672,8 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor kejut} &= 1,5 &&= 1009,2 \text{ kgm} \\
 M_y &= 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 353,9 \text{ kgm} \\
 \text{Faktor Kejut} &= 1,5 &&= 530,9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Tegannan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{100920 \text{ kgcm}}{8066,7 \text{ cm}^3} = 12,51 \text{ kg/cm}^2 = 1,25 \text{ MPa} \\
 &= 1,25 \text{ MPa} < f_r &&\text{OK} \\
 \sigma_y &= \frac{53088 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 9,69 \text{ kg/cm}^2 = 0,97 \text{ MPa} \\
 &= 0,97 \text{ MPa} < f_r &&\text{OK}
 \end{aligned}$$

### Cek Lendutan

Lendutan maksimum pada arah memanjang :

$$\Delta_0 = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 200 = 0,56 \text{ cm}$$

### Modulus Elastisitas :

$$\begin{aligned}
 E &= 81406,39 \text{ kg/cm}^2 \\
 w &= 12,844 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Momen Inersia :

$$I = 485321,2 \text{ cm}^4$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{1,028 \times 10^{11}}{1,517 \times 10^{13}} = 0,01 \text{ cm}$$

Syarat :

$$\Delta_{\text{maks}} < \Delta_0 \rightarrow 0,01 \text{ cm} < 0,56 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

### Menghitung Besar Tulangan Angkat

**Beban :**

$$\text{Berat sendiri precast} = 1721,28 \text{ kg}$$

$$\text{Stud+tul. angkat} = 172,128 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 1893,408 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup 1 orang pekeja} = 250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang harus diangkat} = 2143,408 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang diterima setiap titik angkat} = 535,852 \text{ kg}$$

$$\text{Tegangan Tarik ijin baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bj} = \frac{fy}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{\sigma_{bj}} = \frac{535,852}{2666,67} = 0,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : D13} = 1,327 \text{ cm}^2$$

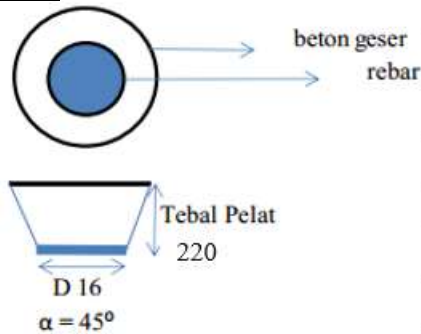
$$\text{Selimut beton precast} = 40 \text{ mm}$$

$$h \text{ efektif} = h \text{ precast} - \text{tebal selimut} = 151 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D-13 dengan kedalaman efektif baja adalah 151 mm.



### Kontrol Geser



Penampang geser :

$$A = \text{keliling} \times \text{tinggi} = 9623577,944 \text{ mm}^2$$

Gaya geser ultimate :

$$V_u / \phi = 1,3 \times 5358,5 / 0,6 = 11610,1 \text{ N}$$

Tahanan geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} A = 8563154,528 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_u / \phi & < & V_c \\ 11610,13 & < & 8563154,53 \end{array} \quad \text{OK}$$

### Shear Connector

$$V_u \text{ dipakai kapasitas} = A_{st} = 2814,87 \text{ mm}^2$$

$$V_u \text{ dipakai : 4 kaki D13} = A_{st} = 530,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya geser Ultimate : } V_u / \phi = A_{st} f_y / \phi = 675568 \text{ N}$$

$$V_u / \phi < V_s$$

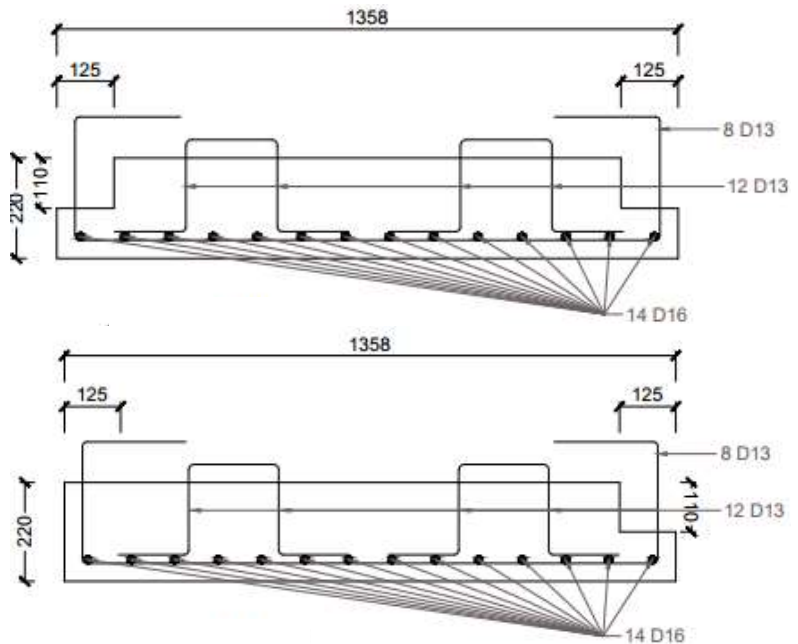
$$675568 \text{ N} < 0,56 \times 2 \times A_{st} \times f_y \times n$$

$$n = 5,680 \approx 6 \text{ buah/m}$$

### Sambungan Melintang Antar Precast

$$\text{Tulangan arah memanjang} = 4 \text{ } \varnothing 10$$

$$\text{Tulangan arah melintang} = \varnothing 10 - 200$$

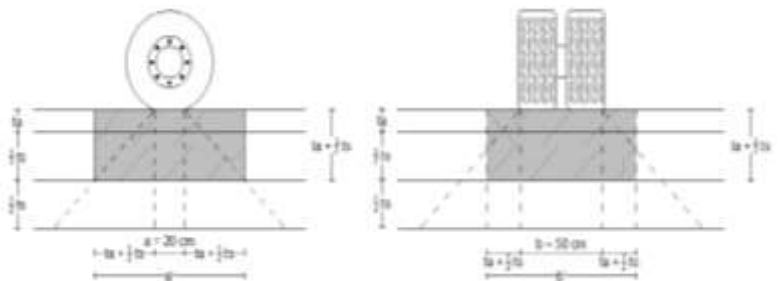


*Gambar 4. 71 Tulangan Half Slab Precast L = 2 m*

#### 4.12.4 Perhitungan Tulangan Half Slab Precast Bentang 2,485 m

##### Pemeriksaan Terhadap Geser Pons

- Posisi 1



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$t_s = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$t_a = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + t_a + t_a + 0,5t_s + 0,5t_s = a + 2t_a + t_s = 790 \text{ mm}$$

$$b' = b + t_a + t_a + 0,5t_s + 0,5t_s = b + 2t_a + t_s = 1090 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 3760 \text{ mm}$$

$$d_y = h - d - \text{Ø tul lentur} - 1/2 \text{Ø tul lentur} = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 1165600 \text{ mm}^2$$

**Berat truk :**

$$\text{Beban truk (T)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (DLA)} = 40\%$$

$$\text{Beban truk} = T \times (1 + \text{DLA}) = 157,5 \text{ kN}$$

$$T_{tt} = 2T = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 1047059,49 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 628235,693 \text{ N}$$

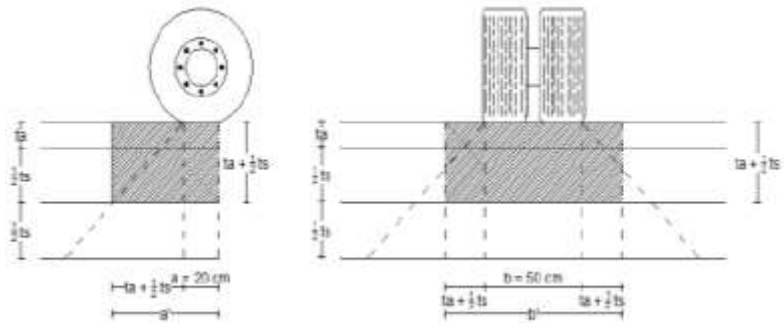
Cek persyaratan :

$$V_n > P_{tt}$$

$$628235,69 > 315000 \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

### - Posisi 2



Diketahui :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$ts = 350 \text{ mm (Tebal pelat)}$$

$$ta = 120 \text{ mm (Tebal aspal + overlay)}$$

**Bidang geser pons :**

$$a' = a + ta + 0,5ts = 495 \text{ mm}$$

$$b' = b + ta + 0,5ts = 795 \text{ mm}$$

$$k = 2a' + 2b' = 2580 \text{ mm}$$

$$d = 310 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = k \times d = 799800 \text{ mm}$$

**Berat truk :**

$$T_{tt} = 315 \text{ kN}$$

**Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser :**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times k \times d = 718461,03 \text{ N}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_n = \phi V_c = 431076,62 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{array}{rcl} V_n & > & P_u \\ 431076,62 & > & 315000 \end{array} \quad \text{OK}$$

Maka, pelat lantai kendaraan tidak membutuhkan tulangan geser pons.

### **Diketahui :**

Panjang bentang antar pierhead = 3 m  
 Panjang bersih antar pierhead (b) = 2,485 m  
 Modification factor = 1,38  
 Lebar komponen pelat pracetak (a) = 1,36 m

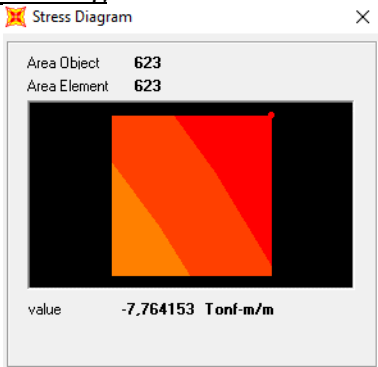
### **Desain Preliminary**

Penentuan tebal komponen pelat pracetak  $L/20 = 0,15 \text{ m}$   
 Diambil tebal = 35 cm

### **Perhitungan Tulangan**

Mutu beton	$f_c' = 30 \text{ MPa} = \text{K-350}$
Mutu tulangan	$f_y = 240 \text{ MPa} (<D13)$
	$f_y = 400 \text{ MPa} (>D13)$
Tebal slab total	= 350 mm
Tebal slab precast	= 220 mm
Tebal slab insitu	= 130 mm
Lebar slab “b”	= 1358 mm
Cover beton	= 40 mm
Tebal efektif “d” saat komposit	= 303,5 mm
Tebal efektif “d” overtopping	= 130 mm

**Tulangan Melintang**



**Layer 1 (Bottom)**

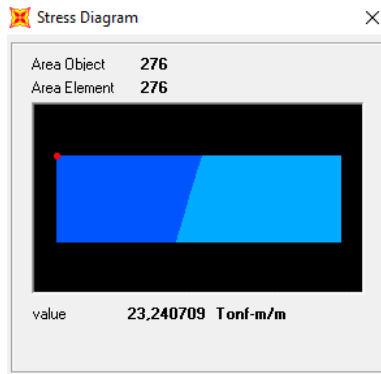
Momen Ultimate = 9,04 Tm/m  
Penulangan = 9 D13  
Ast terpasang = 1194,59 mm<sup>2</sup>/m  
fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
T = Ast . fy = 477836,24 N/m  
a = T/(0,85 . fc' . b) = 13,80 mm  
Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2) = 11,34 Tm/m  
Cek Persyaratan :  
Momen kapasitas > Momen Ultimate  
11,34 Tm/m > 9,04 Tm/m **OK**

**Layer 2 Middle)**

Momen Ultimate = 9,04 Tm/m  
Penulangan = D16-150  
Ast terpasang = 3418,05 mm<sup>2</sup>/m  
fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
T = Ast . fy = 1367221,12 N/m  
a = T/(0,85 . fc' . b) = 39,47 mm  
Momen kapasitas = 0,8 . T . (d - a/2) = 12,06 Tm/m  
Cek Persyaratan :  
Momen kapasitas > Momen Ultimate  
12,06 Tm/m > 9,04 Tm/m **OK**

**Layer 3 (Top-Tulangan Ikat)**

Penulangan = D13-200

**Tulangan Memanjang****Layer 1 (Bottom)**

Momen Ultimate = 23,55 Tm/m

Penulangan = 14 D16

Ast terpasang = 2814,87 mm<sup>2</sup>/m

$f_y$  = 400 N/mm<sup>2</sup>

$T = A_{st} \cdot f_y$  = 1125946,81 N/m

$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$  = 32,51 mm

Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2)$  = 24,70 Tm/m

Cek Persyaratan :

Momen kapasitas > Momen Ultimate

24,70 Tm/m > 23,55 Tm/m **OK**

**Layer 2 (Middle-Tulangan Ikat)**

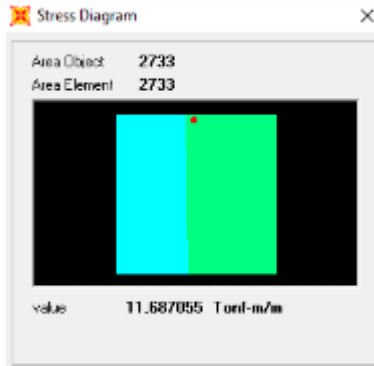
Penulangan = 5 D13

**Layer 3 (Top Tumpuan)**

Momen Ultimate = 23,55 Tm/m

Penulangan = D16-100  
 Ast terpasang = 2814,87mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 $T = Ast \cdot fy = 1125946,81 \text{ N/m}$   
 $a = T / (0,85 \cdot fc' \cdot b) = 32,51 \text{ mm}$   
 Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 24,70 \text{ Tm/m}$   
 Cek Persyaratan :  
 Momen kapasitas > Momen Ultimate  
 24,70 Tm/m > 23,55 Tm/m **OK**

### Layer 3 (Top Lapangan)



Momen Ultimate = 11,69 Tm/m  
 Penulangan = D13-100  
 Ast terpasang = 1858,25 mm<sup>2</sup>/m  
 fy = 400 N/mm<sup>2</sup>  
 $T = Ast \cdot fy = 743300,82 \text{ N/m}$   
 $a = T / (0,85 \cdot fc' \cdot b) = 21,46 \text{ mm}$   
 Momen kapasitas =  $0,8 \cdot T \cdot (d - a/2) = 16,64 \text{ Tm/m}$   
 Cek Persyaratan :  
 Momen kapasitas > Momen Ultimate  
 16,64 Tm/m > 11,69 Tm/m **OK**



**Kontrol Pelat Precast**

Mutu beton precast :

28 hari  $f_c' = 30 \text{ MPa}$

14 hari  $f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$

7 hari  $f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$

3 hari  $f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ MPa}$

Diameter tulangan  $D = 19 \text{ mm}$

**Data perencanaan :**

Tebal precast = 220 mm

Tebal In situ = 130 mm

**Beban mati :**

Beban precast =  $0,22 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$

Berat In situ =  $0,13 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ kg/m}^2$

**Beban hidup :**

Pekerja = 250 kg

**Pembebanan :**

qu pengangkatan dan penumpukan:

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

qu saat pemasangan:

$$= 1,2 \times \text{berat precast} = 633,6 \text{ kg/m}^2$$

Pu saat pemasangan:

$$= 1,6 \times \text{beban pekerja} = 400 \text{ kg}$$

qu saat pengecoran:

$$= 1,2 \times \text{berat precast} + \text{in situ} = 945,6 \text{ kg/m}^2$$

**Momen tahanan :**

Arah X  $b/2 = 1,2425 \text{ m}$

(arah panjang)  $W_x = 1/6 \times b \times h^2$

$$= 1/6 \times 1,2425 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2$$

$$= 0,01 \text{ m}^3$$

Arah Y  
(arah pendek)  $a/2 = 0,68 \text{ m}$   
 $W_y = 1/6 \times b \times h^2$   
 $= 1/6 \times 0,68 \text{ m} \times (0,22 \text{ m})^2$   
 $= 0,0055 \text{ m}^3$

### **Kontrol Saat Pengangkatan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

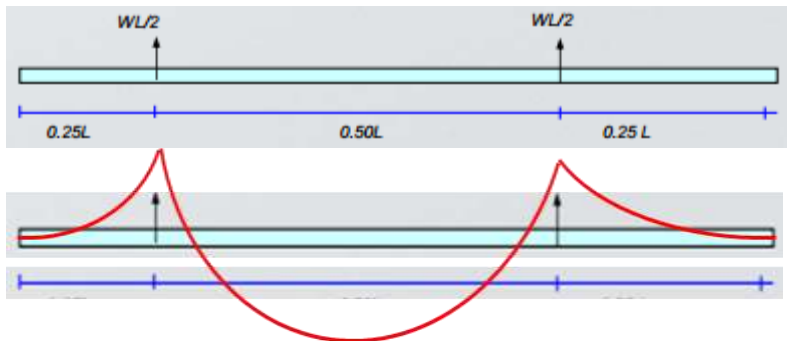
$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 2,42 \text{ MPa}$$

Beban adalah berat sendiri pelat precast =  $633,6 \text{ kg/m}^2$

Pengangkatan dengan 4 titik angkat :



$$M_x = -M_y = 0,0107 \cdot Q \cdot a^2 \cdot b = 31,084 \text{ kgm}$$

$$M_y = -M_x = 0,0107 \cdot Q \cdot a \cdot b^2 = 77,546 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$M_x' = -M_x = 46,626 \text{ kgm}$$

$$M_y' = -M_y = 116,318 \text{ kgm}$$

### **Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{4662,6 \text{ kgcm}}{10022,8 \text{ cm}^3} = 0,47 \text{ kg/cm}^2 = 0,0465 \text{ MPa}$$

$$= 0,047 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

$$\sigma_y = \frac{11632 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 2,12 \text{ kg/cm}^2 = 0,2131 \text{ MPa}$$

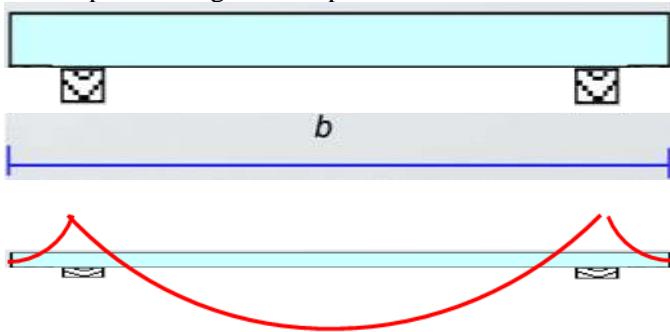
$$= 0,212 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

### **Kontrol Saat Penumpukan, Umur 3 Hari**

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 12 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 737,58 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad = 1106,37 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 \quad = 422,9 \text{ kgm}$$

### **Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{110637 \text{ kgcm}}{10022,8 \text{ cm}^3} = 11,04 \text{ kg/cm}^2 = 1,1 \text{ MPa}$$

$$= 1,1 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

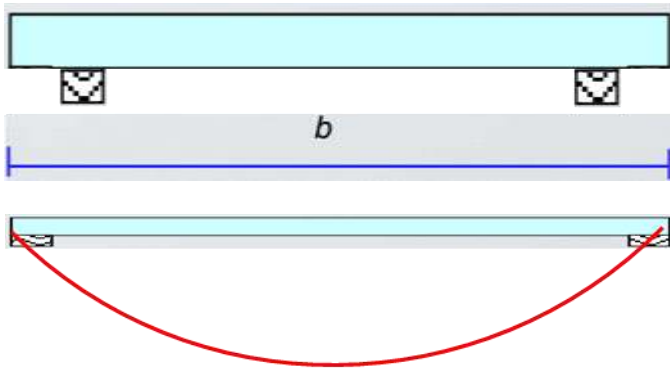
$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r \quad \text{OK}$$

### **Kontrol Saat Pemasangan, Umur 7 Hari**

Mutu beton precast :

$f_{ci}' = 19,5 \text{ MPa}$

Penumpukan dengan 2 tumpuan :



Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 737,58 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 1106,37 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 282 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 422,9 \text{ kgm}$$

**Tegangan yang terjadi**

$$\sigma_x = \frac{110637 \text{ kgcm}}{10022,8 \text{ cm}^3} = 11,04 \text{ kg/cm}^2 = 1,1 \text{ MPa}$$

$$= 1,1 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

$$\sigma_y = \frac{42294 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 7,72 \text{ kg/cm}^2 = 0,77 \text{ MPa}$$

$$= 0,77 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

**Kontrol Saat Pengecoran, Umur 14 Hari**

Mutu beton precast :

$$f_{ci}' = 26,4 \text{ MPa}$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,60 \text{ MPa}$$



### Momen tahanan :

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t^2 = 0,028 \text{ m}^3$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 978,42 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 = 1467,62 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u / L^2 + 0,25 \cdot P_u \cdot L = 353,9 \text{ kgm}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5 = 530,9 \text{ kgm}$$

### Tegannan yang terjadi

$$\sigma_x = \frac{146762 \text{ kgcm}}{10022,8 \text{ cm}^3} = 14,64 \text{ kg/cm}^2 = 1,46 \text{ MPa}$$

$$= 1,46 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

$$\sigma_y = \frac{53088 \text{ kgcm}}{5478,6 \text{ cm}^3} = 9,69 \text{ kg/cm}^2 = 0,97 \text{ MPa}$$

$$= 0,97 \text{ MPa} < f_r$$

**OK**

### Cek Lendutan

Lendutan maksimum pada arah memanjang :

$$\Delta_0 = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 248,5 = 0,69 \text{ cm}$$

Modulus Elastisitas :

$$E = 81406,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 12,844 \text{ kg/cm}$$

Momen Inersia :

$$I = 485321,2 \text{ cm}^4$$

$$L = 248,5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{2,449 \times 10^{11}}{1,517 \times 10^{13}} = 0,01 \text{ cm}$$

Syarat :

$$\Delta_{\text{maks}} < \Delta_0 \rightarrow 0,02 \text{ cm} < 0,69 \text{ cm}$$

**OK**

### **Menghitung Besar Tulangan Angkat**

**Beban :**

$$\text{Berat sendiri precast} = 2138,690 \text{ kg}$$

$$\text{Stud+tul. angkat} = \underline{213,86904 \text{ kg}}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 2352,5594 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup 1 orang pekeja} = 250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang harus diangkat} = 2602,5594 \text{ kg}$$

$$\text{Beban yang diterima setiap titik angkat} = 650,64 \text{ kg}$$

$$\text{Tegangan Tarik ijin baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{bj}} = \frac{fy}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{\sigma_{\text{bj}}} = \frac{650,6399}{2666,67} = 0,24 \text{ cm}^2$$

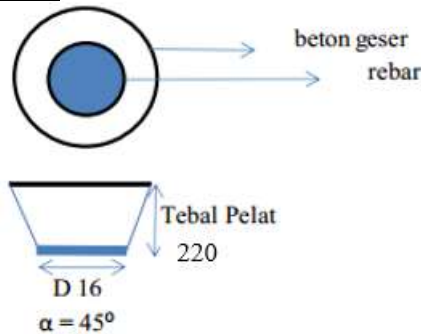
$$\text{Dipakai tulangan : D13} = 1,327 \text{ cm}^2$$

$$\text{Selimut beton precast} = 40 \text{ mm}$$

$$h \text{ efektif} = h \text{ precast} - \text{tebal selimut} = 151 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D-13 dengan kedalaman efektif baja adalah 151 mm.

### Kontrol Geser



Penampang geser :

$$A = \text{keliling} \times \text{tinggi} = 9380465,796 \text{ mm}^2$$

Gaya geser ultimate :

$$V_u / \phi = 1,3 \times 6506,4 / 0,6 = 114097,2 \text{ N}$$

Tahanan geser beton :

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} A = 8563154,528 \text{ N}$$

Cek persyaratan :

$V_u / \phi$	<	$V_c$	
14097,2	<	8563154,53	<b>OK</b>

### Shear Connector

$$V_u \text{ dipakai kapasitas} = A_{st} = 2814,87 \text{ mm}^2$$

$$V_u \text{ dipakai : 4 kaki D13} = A_{st} = 530,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya geser Ultimate : } V_u / \phi = A_{st} f_y / \phi = 675568 \text{ N}$$

$$V_u / \phi < V_s$$

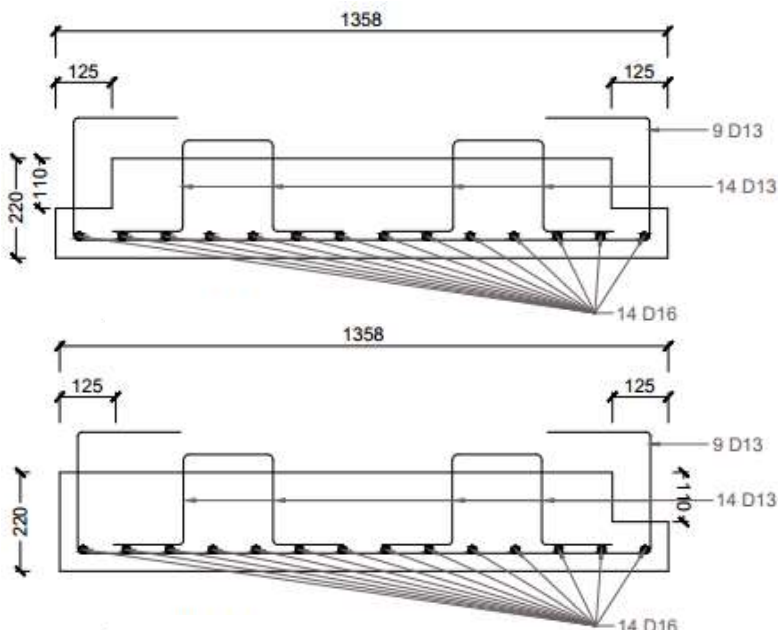
$$675568 \text{ N} < 0,56 \times 2 \times A_{st} \times f_y \times n$$

$$n = 5,680 \approx 6 \text{ buah/m}$$

### Sambungan Melintang Antar Precast

$$\text{Tulangan arah memanjang} = 4 \text{ } \varnothing 10$$

$$\text{Tulangan arah melintang} = \varnothing 10 - 200$$



Gambar 4. 72 Tulangan Half Slab Precast L = 2,485 m

4.13 Perhitungan Tulangan Pier Head

Perhitungan penulangan meliputi pile head dihitung menggunakan SAP2000.

Data perencanaan:

- Mutu beton (fc') = 29,05 Mpa
- Mutu tulangan fy = 240 Mpa (polos < D13)
- Mutu tulangan fy = 400 Mpa (Ulir ≥ D13)
- Decking beton = 60 mm
- Lebar pier head b = 1200 mm
- Tinggi pier head h = 700 mm

Tulangan Tumpuan:

- ❑ Tulangan Atas
  - As perlu (Output SAP) = 3880 mm<sup>2</sup>
  - Tulangan yang dipakai = 14 – D19



As pasang		= 3969 mm <sup>2</sup>	
Cek persyaratan :			
As pasang	>	As perlu	
3969 mm <sup>2</sup>	>	3880 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

☐ **Tulangan Bawah**

As perlu (Output SAP)		= 3566 mm <sup>2</sup>	
Tulangan yang dipakai		= 14 – D19	
As pasang		= 3969 mm <sup>2</sup>	
Cek persyaratan :			
As pasang	>	As perlu	
3969 mm <sup>2</sup>	>	3566 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

☐ **Tulangan Torsi**

As perlu (Output SAP)		= 1582 mm <sup>2</sup>	
Tulangan yang dipakai		= 2 x 3 – D19	
As pasang		= 1701 mm <sup>2</sup>	
Cek persyaratan :			
As pasang	>	As perlu	
1701 mm <sup>2</sup>	>	1582 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

☐ **Tulangan Sengkang**

As perlu (Output SAP)		= 5,271 mm <sup>2</sup> /mm	
Tulangan yang dipakai		= 4 x D16 - 100	
As pasang		= 8,04 mm <sup>2</sup>	
Cek persyaratan :			
As pasang	>	As perlu	
8,04 mm <sup>2</sup> /mm	>	5,271 mm <sup>2</sup> /mm	<b>OK</b>

**Tulangan Lapangan:**

☐ **Tulangan Atas**

As perlu (Output SAP)		= 2675 mm <sup>2</sup>
Tulangan yang dipakai		= 10 – D19
As pasang		= 2835 mm <sup>2</sup>
Cek persyaratan :		

As pasang	>	As perlu	
2835 mm <sup>2</sup>	>	2675 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

❑ **Tulangan Bawah**

As perlu (Output SAP) = 3036 mm<sup>2</sup>

Tulangan yang dipakai = 12 – D19

As pasang = 3402 mm<sup>2</sup>

Cek persyaratan :

As pasang	>	As perlu	
3036 mm <sup>2</sup>	>	3402 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

❑ **Tulangan Torsi**

As perlu (Output SAP) = 1582 mm<sup>2</sup>

Tulangan yang dipakai = 2 x 3 – D19

As pasang = 1701 mm<sup>2</sup>

Cek persyaratan :

As pasang	>	As perlu	
1701 mm <sup>2</sup>	>	1582 mm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

❑ **Tulangan Sengkang**

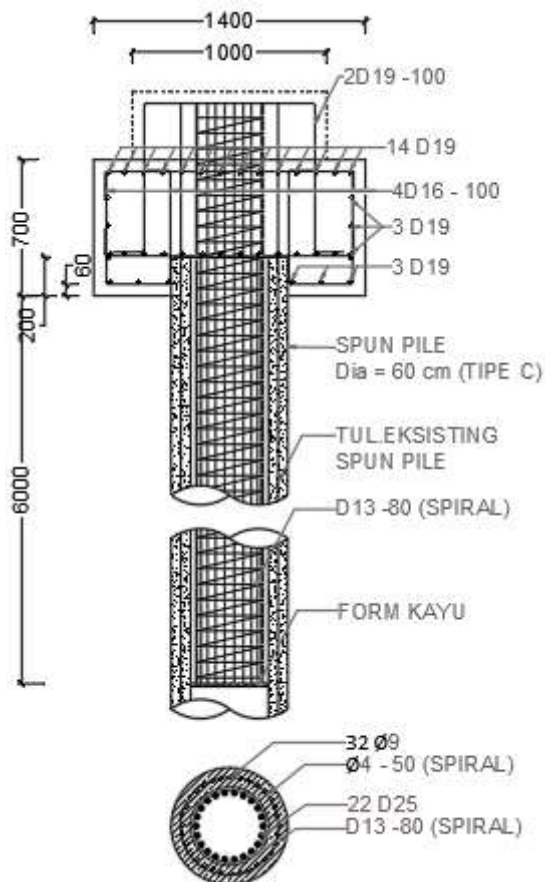
As perlu (Output SAP) = 3,574 mm<sup>2</sup>/mm

Tulangan yang dipakai = 4 x D16 - 200

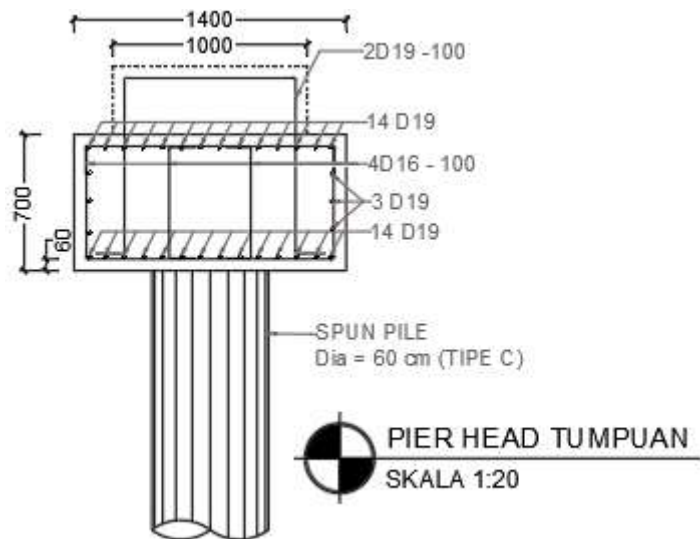
As pasang = 4,02 mm<sup>2</sup>

Cek persyaratan :

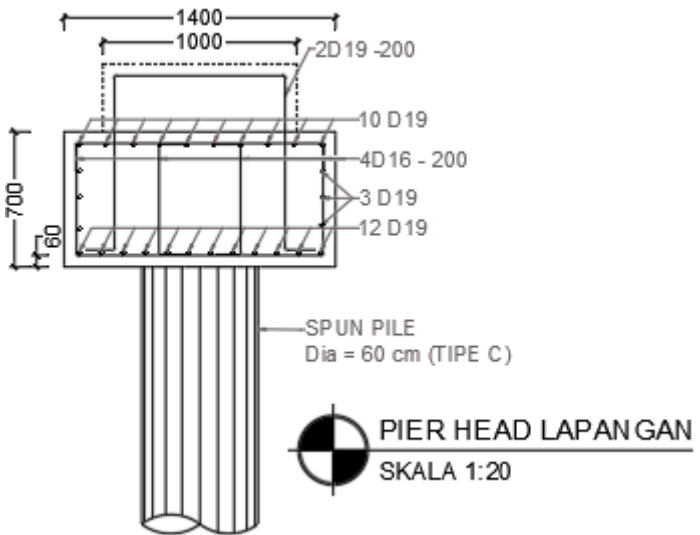
As pasang	>	As perlu	
3,574 mm <sup>2</sup> /mm	>	4,02 mm <sup>2</sup> /mm	<b>OK</b>



**Gambar 4. 73 Pier Head Tumpuan**



Gambar 4. 74 Detail Pier Head Tumpuan



Gambar 4. 75 Detail Pierhead Lapangan

#### 4.14 Perhitungan Komponen Pelengkap

##### 4.14.1 Penghalang Lalu Lintas dari Beton (Barrier)

➤ **Direncanakan:**

Panjang total piled slab = 45 m  
 Mutu beton K-350 = 29,05 ton  
 Tegangan leleh baja U-40 = 400 Mpa  
 Tinggi slab (t pierhead + t pelat) = 0,95 m  
 Lebar jembatan b = 16,3 m  
 Tinggi pembatas jalan t barrier = 1,2 m  
 Lebar bawah = 50 cm  
 Lebar atas = 25 m  
 Jarak memanjang ditinjau = 1 m

➤ **Pembebanan:**

**Beban Angin:**

Tinggi bangunan atas termasuk pembatas jalan = 2,15 m

Koefisien Seret ( $C_w$ ) =  $b / d = 7,581$

*diperoleh dari tabel 27 RSNI T-02-2005*

Maka nilai  $C_w$  didapatkan dari interpolasi = 1,215

Uraian	Koefisien Seret $C_w$
Panel tanda lalu lintas :	
(1) perbandingan lebar/tinggi = 1,0	1,18
2,0	1,19
5,0	1,20
10,0	1,23
15,0	1,30
Pencahayaannya :	
bentuk bulat -	0,5
bentuk segi empat, sisi datar -	1,2
Tanda lalu lintas	1,2
CATATAN (1) untuk harga antara gunakan interpolasi linier	

Kecepatan angin rencana untuk keadaan batas yang ditinjau ( $V_w$ ) didapatkan dari tabel 28 RSNI T-02-2005

Maka didapatkan nilai  $V_w = 30$  m/det, karena letak jembatan jauh dari pantai

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Luas koefisien bagian samping jembatan ( $A_b$ )

$$A_b = t \text{ barrier} \times L \text{ terbebani} = 1,2 \text{ m}^2$$

Kecepatan angin rencana ( $T_{EW}$ )

$$\begin{aligned} TEW &= 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b \\ &= 0,788 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Beban Tumbukan:

Item <i>Butir</i>	Service Level from Reference 8 <i>Tingkat Pelayanan dari Pustaka 8</i>		
	1	2	3
Vehicle <i>Kendaraan</i>	Car <i>Mobil</i>	Bus <i>Bis</i>	Bus <i>Bis</i>
Vehicle Weight, lb <i>Berat Kendaraan, lb</i>	4,500	20,000	40,000
Vehicle $I_z$ , in-lb-sec <sup>2</sup> (1) <i>Kendaraan <math>I_z</math>, in-lb-det<sup>2</sup></i>	48,000	800,000	1,900,000
Impact Speed, mph <i>Kecepatan tumbuk, mph</i>	60	60	60
Impact Angle, deg <i>Sudut Tumbuk, derajat</i>	15	15	15

$$\begin{aligned} \text{Massa truk (m)} &= 40000 \text{ lb} \\ &= 18143,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan kendaraan awal (V0)} &= 60 \text{ mph} \\ &= 96,56 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan kendaraan berhenti (Vt)} &= 40 \text{ km/jam} \\ &= 11,11 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Energi kinetik akibat perbedaan kecepatan

$$\begin{aligned} W = \Delta EK = m \times (v_t - v_0) &= 285059,39 \text{ Joule} \\ &= 285,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban tumbukan rencana ultimit arah menyilang

$$(P) = 285,1 \text{ kN}$$

Sudut penyebaran beban penghalang  $\theta = 15^\circ$

➤ **Direncanakan:**

Jadi momen ultimate yang dipikul oleh pembatas jalan

$$\begin{aligned} Mu &= (P \cos \theta^\circ - \text{beban angin TEW}) \times t \text{ barrier} \\ &= 329,47 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan lentur } (\phi) = 0,9$$

Momen nominal rencana:

$$Mn = Mu/\phi = 366078118,43 \text{ Nmm}$$

➤ **Perhitungan tulangan pembatas jalan**

Dimensi pembatas jalan:

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$\text{decking} = 40 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan utama menggunakan : D16

Direncanakan tulangan sengkang menggunakan :  $\emptyset 10$

$$\text{Momen nominal rencana } Mn = 366078118,43 \text{ Nmm}$$

Tebal efektif slab beton:

$$d = b - d' - 1/2 \cdot \text{tul utama} = 452 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen :

$$Rn = Mn / (b \times d^2) = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$m = fy / 0.85 \times fc' = 16,2$$

Rasio tulangan minimum:

$$\rho_{\min} = 1.4 / fy = 0,0035$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton  $\beta_1 = 0,85$

Rasio tulangan balance:

$$\rho_b = [0.85 \times f_c' \times \beta_1 / f_y] \times [600 / (600 + f_y)] = 0,0315$$

Rasio tulangan maksimum:

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_{balance} = 0,0236$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho_{perlu} = [1 / m] \times [1 - (1 - [2 \times m \times R_n / f_y])^{0.5}]$$

$$= 0,0046$$

Syarat:

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0046 < 0,0236$$

**OK**

Luas tulangan yang diperlukan:

$$A_s_{perlu} = \rho \times b \times d = 2104,10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan utama: 2 D 16 – 150

Luas tulangan yang dipakai:

$$A_s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times d_2^2 \times b/s = 2680,83 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_s_{pakai} > A_s_{perlu}$$

$$2680,82 > 2104,10$$

**OK**

Tulangan bagi diambil 30% tulangan pokok:

$$A_s' = 30\% \times A_s = 804,24 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan pembagi: 12 Ø10

Luas tulangan yang dipakai:

$$A_s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n = 942,48 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_s_{pakai} > A_s_{perlu}$$

$$942,5 > 804,2$$

**OK**





#### 4.14.2 Angkur

- **Hasil Perhitungan Gaya Geser Roda Beban Lalu Lintas Terbesar:**

Item Butir	Service Level from Reference 8 Tingkat Pelayanan dari Pustaka 8		
	1	2	3
Vehicle Kendaraan	Car Mobil	Bus Bis	Bus Bis
Vehicle Weight, lb Berat Kendaraan, lb	4,500	20,000	40,000
Vehicle $I_z$ , in-lb-sec <sup>2</sup> (1) Kendaraan $I_z$ , in-lb-det <sup>2</sup>	48,000	800,000	1,900,000
Impact Speed, mph Kecepatan tumbuk, mph	60	60	60
Impact Angle, deg Sudut Tumbuk, derajat	15	15	15

$$\text{Massa truk (m)} = 40000 \text{ lb}$$

$$= 18160 \text{ kg}$$

$$\text{Kecepatan kendaraan awal (V0)} = 60 \text{ mph}$$

$$= 96,56 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kecepatan kendaraan berhenti (Vt)} = 25 \text{ km/jam}$$

$$= 6,944 \text{ m/det}$$

Energi kinetik akibat perbedaan kecepatan

$$W = \Delta EK = m \times (v_t - v_0) = 358155,56 \text{ Joule}$$

$$= 35,81 \text{ Ton}$$

- **Didapatkan nilai:**

$$M = W \times \text{jml lajur} \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 35,816 \times 1000 \times 3 \times 1,8 \text{ m} = 580212 \text{ kgm}$$

$$P_u = M \times \text{jml lajur} = 18160 \times 3 = 54480 \text{ kg}$$

$$V_{ux} = W \times \text{jml lajur} = 107446,67 \text{ kg}$$

$$V_{uy} = 75\% \times V_{ux} = 8058,5 \text{ kg}$$

- **Bahan yang digunakan:**

$$\text{Tegangan leleh anchor (f}_y \text{)} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu beton pier head (f}_c \text{'}) = 29,05 \text{ Mpa}$$

➤ **Menentukan dimensi angkur berdasarkan tegangan tarik**

$$\text{Mutu baut (BJT 40) } f_{ub} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter baut rencana } \phi = 32 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan baut } A_b = 804,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan tarik angkur } (\sigma \text{ tarik angkur})$$

$$= 0,75 \times \sigma \text{ ijin} = 3075 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jumlah angkur rencana (n rencana)} = 25 \text{ buah}$$

$$\text{Gaya tarik } = P = \sigma \text{ tarik ukur} / n \text{ rencana}$$

$$= 123 \text{ } 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Maka luas angkur yang dibutuhkan:

$$\text{As dibutuhkan} = P / \sigma \text{ tarik}$$

$$= 5,33 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_b \text{ pakai} > A_b \text{ perlu}$$

$$804,25 > 5,33 \quad \text{OK}$$

➤ **Menentukan dimensi angkur berdasarkan tegangan geser**

$$r_1 = 0,5 \text{ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser}$$

$$r_1 = 0,4 \text{ untuk baut dengan ulir pada bidang geser}$$

$$\phi f = 0,75 \text{ faktor reduksi kekuatan untuk fraktur}$$

$$n_x = 25 \text{ bidang geser x adalah jumlah angkur}$$

$$n_y = 1 \text{ bidang geser y adalah jumlah angkur}$$

Maka luas angkur dari sumbu x:

$$A' \text{ baut} = (V_{ux} / (n_x \cdot n_y)) / \phi f \cdot r_1 \cdot F_u b$$

$$= 349,42 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_b \text{ pakai} > A_b \text{ perlu}$$

$$804,25 > 349,42 \quad \text{OK}$$

Maka luas angkur dari sumbu y

$$A' \text{ baut} = (V_{uy} / n_y) / \phi f \cdot r_1 \cdot F_u b$$

$$= 655,16 \text{ mm}^2$$

Syarat:

Ab pakai	>	Ab perlu	
804,25	>	655,16	<b>OK</b>

➤ **Menentukan dimensi angkur berdasarkan kombinasi geser dan tarik**

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gaya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini:

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n}$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2$$

Keterangan:

$\phi_f$  = 0,75 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  = 25 jumlah baut

$m$  = 2 jumlah bidang geser

Baut mutu tinggi:

$f_1$  = 807 Mpa

$f_2$  = 621 Mpa

$r_2$  = 1,9 untuk baut ulir atau bedrat pada bidang geser

$r_2$  = 1,5 untuk baut non ulir atau polos pada bidang geser

Syarat 1:

4,008	<	922,5		<b>OK</b>
$f_t$	$\leq$	800,988	$\leq$	621
$f_t$	= 621 Mpa			

Syarat 2:

374578,37	>	21792	<b>OK</b>
-----------	---	-------	-----------

➤ **Menentukan Panjang angkur tanpa chemical anchor**

$$L = 2 ( 0.02 \times 0,75 \times db \times fy/\sqrt{fc'}) = 73,03 \text{ mm}$$

$$Apsf = Tu/(4 \times 0.75 \times \sqrt{fc'}) = 33693,24 \text{ mm}$$

$$L = \text{Sqrt}(Apsf/3.14) = 103,56 \text{ mm}$$

Digunakan Panjang Angkur tertanam:

$$6 \times D = 192 \text{ mm}$$

Jadi panjang angkur:

$$2 \times 6D = 384 \text{ mm} \approx 420 \text{ mm}$$

➤ **Kontrol angkur (cone failure strength)**

$$Pc = 4 \times 0.85 \times \sqrt{fc'} \times \sqrt{2 \cdot \pi \cdot L^2}$$

$$= 8819,48 \text{ Mpa}$$

Syarat:

$$Pc > P$$

$$8819,48 > 12,3 \quad \text{OK}$$

➤ **Jarak As angkur ke tepi beton**

$$m = d \times \sqrt{\frac{\sigma_{tarik \text{ angkur}}}{73 \times \sqrt{fc'}}$$

$$m = 28,29 \text{ mm}$$

Jadi jarak as angkur ke tepi beton minimal = 30 mm

➤ **Konfigurasi angkur**

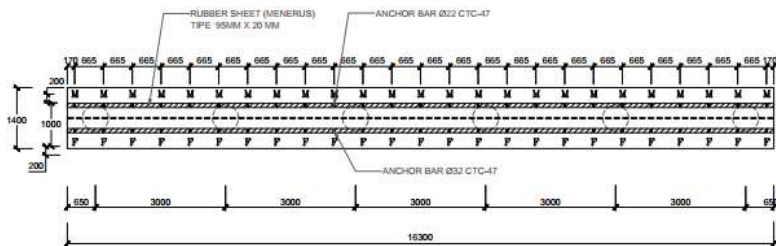
$$\text{Angkur Fix} = \emptyset 32$$

$$\text{Agkur Move} = \emptyset 22$$

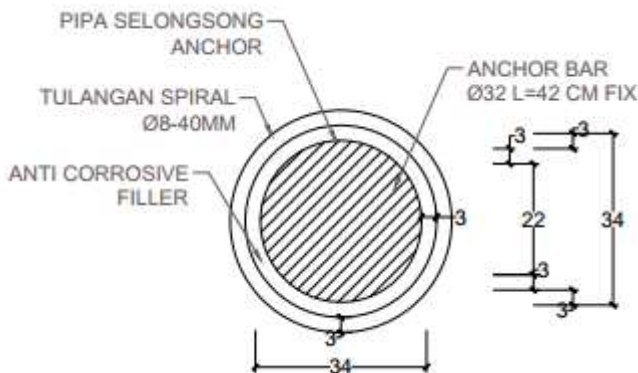
$$\text{Junlah angkur} = 25 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak ke tepi} = 170 \text{ mm}$$

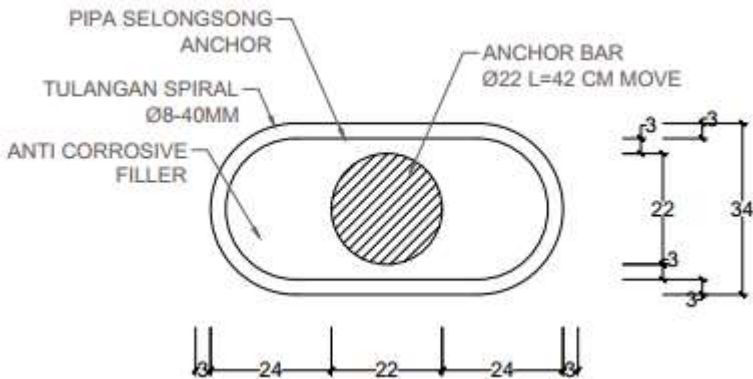
$$\text{Jarak antar baut} = 655 \text{ mm}$$



Gambar 4. 78 Denah Angkur pada Piled SLab



Gambar 4. 79 Detail Angkur Fix Ø32



Gambar 4. 80 Detail Angkur Move Ø22

#### 4.14.3 Expansion Joint

##### ❖ Data perencanaan

Panjang bentang piled slab	: 45 m
Lebar lantai kendaraan	: 16,3 m
Tebal aspal	: 50 mm
Tebal pelat lantai	: 350 mm
Mutu beton K-350	: 29,05 Mpa
Modulus elastis beton	: 25332,1 Mpa

##### ❖ Perhitungan deformasi akibat rangkai beton (Creep)

Umur rencana pembebanan (50 tahun) (t) = 18250 hari

Koefisien rangkai max (Tabel 4.4-2 SNI T-12-2004)

$C_u = 2,338$

Regangan elastis sesaat akibat tegangan tetap ( $\epsilon_e$ )

$$\epsilon_e = \frac{0,7 \times \sqrt{f'c'}}{E_c} = 0,00015$$

Panjang bentang jembatan (L) = 45000 mm

Deformasi akibat rangkai beton:

$$\Delta_{cr} = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} \times C_u \epsilon_e L = 15,25 \text{ mm}$$

##### ❖ Perhitungan deformasi akibat susut beton (Shrinkage)

Umur beton basah dilokasi pekerjaan, terhitung sejak 7 hari = 20 hari

Koefisien susut max, (Tabel 4.4-1 SNI T-12-2004)

$\epsilon_{cs,t} = 0,00016433$

Panjang bentang jembatan (L) = 45000 mm

Deformasi akibat susut beton:

$$\Delta_{sh} = \frac{t}{35 + t} \times \epsilon_{sc,u} L = 2,69 \text{ mm}$$

##### ❖ Perhitungan deformasi akibat perbedaan suhu (Uniform)

Suhu maksimum ( $T_{max}$ ) = 45<sup>0</sup> C

Suhu minimum ( $T_{\min}$ ) =  $20^{\circ}\text{C}$

Koefisien muai panjang beton ( $\alpha$ ) =  $0,00001 / ^{\circ}\text{C}$

Perbedaan suhu ( $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ ) =  $25^{\circ}\text{C}$

Deformasi akibat perbedaan suhu

( $\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$ ) = 11,25 mm

❖ **Perhitungan deformasi akibat perbedaan suhu (Gradient)**

Suhu maksimum ( $T_{\max}$ ) =  $45^{\circ}\text{C}$

Suhu minimum ( $T_{\min}$ ) =  $25^{\circ}\text{C}$

Koefisien muai panjang beton ( $\alpha$ ) =  $0,00001 / ^{\circ}\text{C}$

Perbedaan suhu ( $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ ) =  $20^{\circ}\text{C}$

Deformasi akibat perbedaan suhu

( $\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$ ) = 9 mm

❖ **Deformasi akibat gempa**

Deformasi akibat gempa didapatkan dari running SAP2000 dengan faktor modifikasi gempa (  $R$  ) 1 dengan perletakan rol-rol dan permodelan rubber bearing, didapatkan nilai = 12,23 mm

❖ **Total deformasi akibat rangkai dan susut beton, perbedaan suhu (Uniform)**

$\Delta$  total =  $1/2 (\Delta C_r + \Delta S_h + \Delta L)$

=  $1/2 (15,25 \text{ mm} + 2,69 \text{ mm} + 11,25 \text{ mm})$

= 14,59 mm

❖ **Total deformasi akibat rangkai dan susut beton, perbedaan suhu (Gradient)**

$\Delta$  total =  $1/2 (\Delta C_r + \Delta S_h + \Delta L)$

=  $1/2 (15,25 \text{ mm} + 2,69 \text{ mm} + 9 \text{ mm})$

= 13,468 mm

❖ **Pemilihan tipe sambungan siar muai**

Setelah semua faktor dan perhitungan dilakukan, maka dapat dibandingkan nilai pergerakan yang didapat



dengan kemampuan sambungan siar muai untuk mengatur pergerakan maksimum sehingga bisa didapatkan jenis sambungan siar muai yang cocok untuk digunakan.

Tabel data jenis sambungan dan besarnya pergerakan lantai ditunjukkan pada tabel berikut:

Jenis sambungan siar muai	Pergerakan total memanjang yang diizinkan		Pergerakan vertikal maksimum yang diizinkan (mm)	Jenis pergerakan
	Minimum (mm)	Maksimum (mm)		
Sambungan tertanam	5	20	1,3	Kecil
Asphaltic plug	5	20	3	Kecil
Sambungan tipe seal yang dituang	5	12	3	Kecil
Compression seal	5	40	3	Menengah
Elastomer yang diperkuat	5	> 40	3	Menengah
Modular	5	> 40	3	Menengah
Finger plate	25	> 40	3	Besar

\*Tergantung pada spesifikasi setiap produk sambungan siar muai

Sumber: Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 11/SE/M/2015

Berdasarkan tabel tersebut dipilih sambungan Asphaltic plug karena pergerakan total memanjang yang terjadi kurang dari pergerakan total memanjang yang diizinkan.

Syarat:

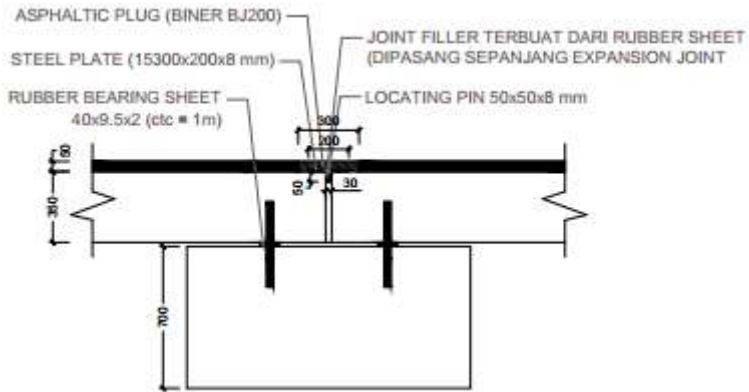
Pergerakan total memanjang terjadi < Pergerakan total memanjang izin maks

14,59 mm < 20 mm **(Memenuhi)**

13,468 mm < 20 mm **(Memenuhi)**

Pergerakan total memanjang terjadi akibat gempa < Pergerakan total memanjang izin maks

12,23 mm < 20 mm **(Memenuhi)**



**Gambar 4. 81 Detail Rencana Pemasangan Expansion Joint**

#### 4.14.4 Rubber Sheet

##### ❖ Bentang 6 m

##### ***Beban Mati***

$$\begin{aligned}\text{Barrier} &= 0,384 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 \\ &= 5,53 \text{ ton} / 2 = 2,763 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pelat lantai} &= 16,3 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 \\ &= 82,15 \text{ ton} / 2 = 41,076 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Aspal} &= 16,3 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2,2 \text{ ton/m}^3 \\ &= 25,82 \text{ ton} / 2 = 12,91 \text{ ton}\end{aligned}$$

##### ***Beban Hidup***

$$\begin{aligned}\text{BTR} &= 16,3 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,9 \text{ kPa} \times 70\% \\ &= 61,61 \text{ ton} / 2 = 30,807 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air hujan} &= 16,3 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 9,8 \text{ ton/m}^3 \\ &= 47,92 \text{ ton} / 2 = 23,961 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BGT} &= 16,3 \text{ m} \times 4,9 \times 70\% \times 1,4 \\ &= 78,27 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Roda truk} &= 0,7 \times 1,4 \times 2 \times 11,25 \text{ ton} \\ &= 22,05 \text{ ton} / 2 = 11,025 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\mathbf{P \text{ total} = 200,81 \text{ ton}}$$

Jika direncanakan menggunakan bearing strip 400 x 95 x 20. Rubber sheet dipasang sepanjang lebar jalan sehingga:

$$n \text{ rubber} = 16300 \text{ mm} / 400 \text{ mm} = 40,75 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} P \text{ terjadi} &= P \text{ total} / n \text{ rubber} \\ &= 200,81 \text{ ton} / 40,75 \\ &= 4,93 \text{ ton} \end{aligned}$$

P ijin bearing strip 400 x 95 x 20 adalah 7,3 ton

(b) Strips†

Size (mm)	400x65x20	400x95x20	400x125x25	400x150x25
Shape factor	0.78	1.07	1.06	1.21
Nominal design compressive load (kN)	36	73	95	131
Compressive stiffness* (kN/mm)	18.2	36.5	38.1	52.4
Nominal design shear deflection (mm)	10.0 <sup>#</sup>	10.0	12.5	12.5
Shear stiffness* (kN/mm)	1.17	1.71	1.80	2.16

Notes: \* Properties for bearing pads and strips are derived from AS 5100.4. Compressive stiffnesses are indicative only.

# Reduced as bearing does not satisfy stability and shape factor limit of AS 5100.4.

† Test data calculated as plain pad bearings.

### Syarat:

$$\begin{aligned} P \text{ terjadi} &< P \text{ Ijin} \\ 4,93 \text{ ton} &< 7,3 \text{ ton} \quad \quad \quad \text{OK} \end{aligned}$$

### ❖ Bentang 3 m

#### *Beban Mati*

$$\begin{aligned} \text{Barrier} &= 0,384 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 \\ &= 2,76 \text{ ton} / 2 = 1,38 \text{ ton} \\ \text{Pelat lantai} &= 16,3 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 \\ &= 41,076 \text{ ton} / 2 = 20,54 \text{ ton} \\ \text{Aspal} &= 16,3 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2,2 \text{ ton/m}^3 \\ &= 12,91 \text{ ton} / 2 = 6,45 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### *Beban Hidup*

$$\begin{aligned} \text{BTR} &= 16,3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,9 \text{ kPa} \times 70\% \\ &= 30,807 \text{ ton} / 2 = 15,404 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air hujan} &= 16,3 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 9,8 \text{ ton/m}^3 \\ &= 23,961 \text{ ton} / 2 = 11,981 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BGT} &= 16,3 \text{ m} \times 4,9 \times 70\% \times 1,4 \\ &= 78,27 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Roda truk} &= 0,7 \times 1,4 \times 2 \times 11,25 \text{ ton} \\ &= 22,05 \text{ ton} / 2 = 11,025 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\mathbf{P \text{ total} = 145,06 \text{ ton}}$$

Jika direncanakan menggunakan bearing strip 400 x 95 x 20. Rubber sheet dipasang sepanjang lebar jalan sehingga:

$$n \text{ rubber} = 16300 \text{ mm} / 400 \text{ mm} = 40,75 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{P terjadi} &= P \text{ total} / n \text{ rubber} \\ &= 145,06 \text{ ton} / 40,75 \\ &= 3,56 \text{ ton}\end{aligned}$$

P ijin bearing strip 400 x 95 x 20 adalah 7,3 ton

(b) Strips†

Size (mm)	400x65x20	400x95x20	400x125x25	400x150x25
Shape factor	0.78	1.07	1.06	1.21
Nominal design compressive load (kN)	36	73	95	131
Compressive stiffness* (kN/mm)	18.2	36.5	38.1	52.4
Nominal design shear deflection (mm)	10.0 <sup>#</sup>	10.0	12.5	12.5
Shear stiffness* (kN/mm)	1.17	1.71	1.80	2.16

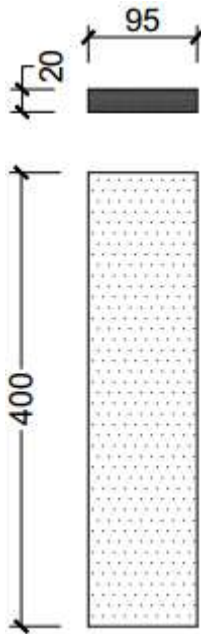
Notes: \* Properties for bearing pads and strips are derived from AS 5100.4. Compressive stiffnesses are indicative only.

# Reduced as bearing does not satisfy stability and shape factor limit of AS 5100.4.

† Test data calculated as plain pad bearings.

### Syarat:

$$\begin{array}{llll}\text{P terjadi} & < & \text{P Ijin} & \\ 3,56 \text{ ton} & < & 7,3 \text{ ton} & \text{OK}\end{array}$$

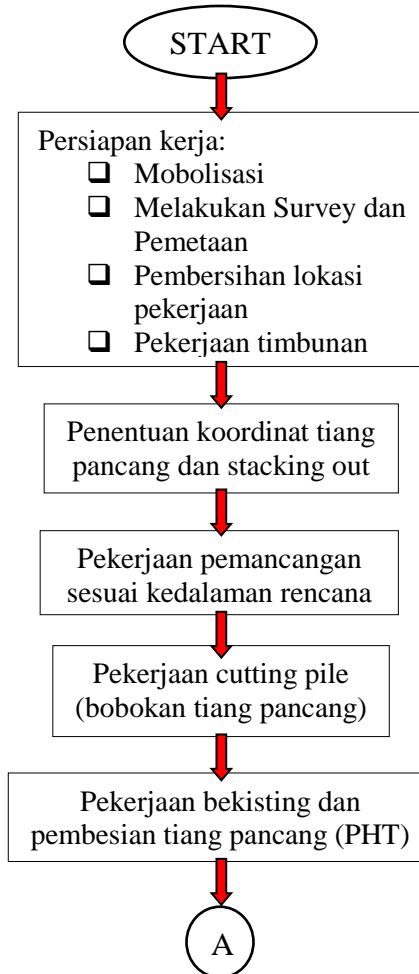


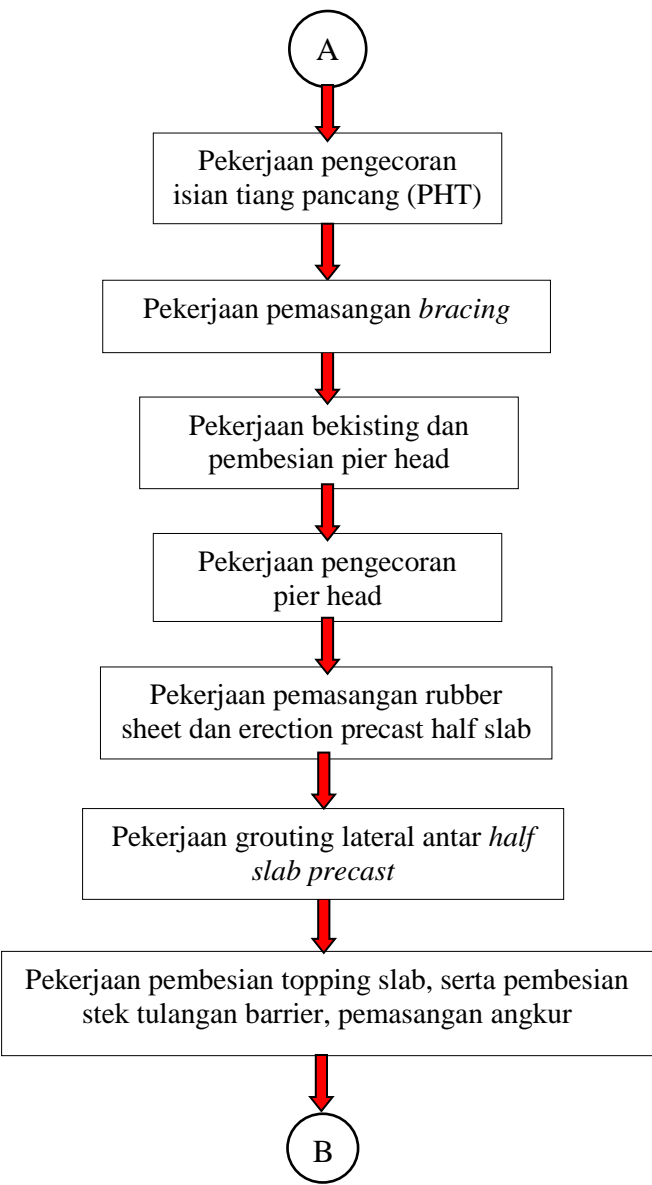
*Gambar 4. 82 Detail Rubber Sheet*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

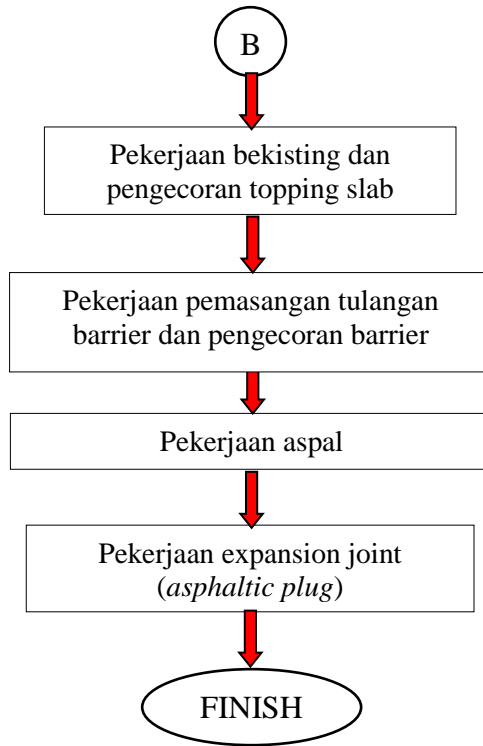
## BAB V METODE PELAKSANAAN

Langkah-langkah dalam pelaksanaan pekerjaan slab on pile, dengan menggunakan precast half slab adalah sebagai berikut :









***Gambar 5. 1 Bagan Alur Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Piled Slab***

## 5.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan terdiri dari pekerjaan berikut ini:

### 1. Mobilisasi

Penyediaan peralatan, tenaga kerja, dan material akan disesuaikan dengan kebutuhan dan disesuaikan dengan rencana yang telah dirancang. Dalam proses mobilisasi ini juga termasuk didalamnya penyiapan tempat tinggal untuk tenaga kerja, kantor proyek, laboratorium, genset, ruang kerja, gudang, pemagaran dan papan nama untuk lokasi kantor untuk kontraktor dan kendaraan untuk transportasi pekerja.



*Gambar 5. 2 Mobilisasi Kendaraan untuk Transportasi Kerja*



***Gambar 5. 3 Kegiatan Mobilisasi Alat Berat***

## **2. Melakukan Survey dan Pemetaan**

Sebuah tahap yang dilakukan oleh kontraktor, bersama pengawas dari pemilik proyek dan konsultan, untuk memetakan titik acuan dan posisi. Hasil survey dan pemetaan ini akan diterjemahkan menjadi gambar oleh

kontraktor dan disetujui oleh pemilik proyek sebagai perhitungan MC 0.

*Tabel 5. 1 Tenaga Kerja dan Peralatan yang Dibutuhkan untuk Melakukan Survey dan Pemetaan*

Tenaga Kerja	Peralatan
Surveyor dan asisten	Total station
Pengawas	Waterpass
Petugas SHE	Meteran Ukur
	Peralatan lain



*Gambar 5. 4 Kegiatan Survey dan Pemetaan*



*Gambar 5. 5 Peralatan Survey dan Pemetaan*



*Gambar 5. 6 Kegiatan Menggambar Shop Drawing*

### **3. Pembersihan Lokasi Pekerjaan**

Pembersihan tempat kerja berupa semak belukar dilaksanakan dengan bulldozer hingga permukaan tanah bersih. Pembersihan lahan bertujuan menghilangkan pohon, semak belukar, sisa tebangan pohon, pembusukan sampah organik maupun material lain yang dianggap tidak diperlukan untuk kekuatan pondasi, perkerasan jalan dan struktur.



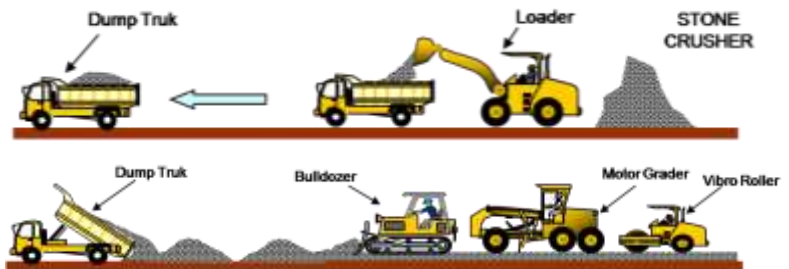
*Gambar 5. 7 Clearing dan Grubbing*

#### 4. Pekerjaan Urugan Material Berbutir

- ❑ Material timbunan pilihan berbutir harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada lokasi timbunan harus dilakukan pengukuran dan marking dengan mempergunakan patok-patok sebagai acuan. Pekerjaan timbunan dilakukan dengan penghamparan lapisan per lapisan (tebal max 30 cm). Tebal lapisan sesuai dengan penghamparan dapat dilakukan dengan Bulldozer atau dengan manual sesuai dengan kondisi lapangan. Pada saat pemadatan dilakukan penyiraman untuk mendapatkan tingkat kebasahan optimal material timbunan tanah dasar yang akan ditimbun harus dibersihkan dan dikupas. Pekerjaan timbunan dilaksanakan lapis demi lapis dengan ketebalan sesuai dengan spesifikasi. Material timbunan diratakan dengan mempergunakan bulldozer setelah ditumpahkan dari dump truk, kemudian dipadatkan dengan vibratory roller, dan dengan tamper ramming bila lokasi lebih sempit.
- ❑ Timbunan yang dipergunakan adalah timbunan pilihan berbutir. Material timbunan diangkut dari quarry ke lapangan dengan dump truk, dengan pengaturan sedemikian rupa (disesuaikan dengan ketebalan lapisan timbunan yang disyaratkan) sehingga memudahkan penghamparannya. Penghamparan dengan motor grader, dan pemadatan dengan vibro compactor 15 ton atau yang setara sampai mencapai ketebalan dan kepadatan sesuai spesifikasi.



**Gambar 5. 8 Penghamparan Material Timbunan**



**Gambar 5. 9 Sketsa Penghamparan, Perataan, dan Pemadatan Timbunan Pilihan Berbutir**



**Gambar 5. 10 Perataan dan Pemadatan Material Timbunan**

## 5.2 Penentuan Koordinat Tiang Pancang dan Stacking Out

Pekerjaan survey dan stacking out diperlukan agar pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan trase rencana dan masuk dalam ROW rencana.

Pekerjaan yang perlu dilakukan adalah mengadakan pengukuran bersama Kontraktor dan Konsultan Supervisi, kemudian dilakukan penggambaran yang akan dipergunakan untuk pedoman kerja dan gambar harus sudah disetujui Direksi untuk proses MC 0%.

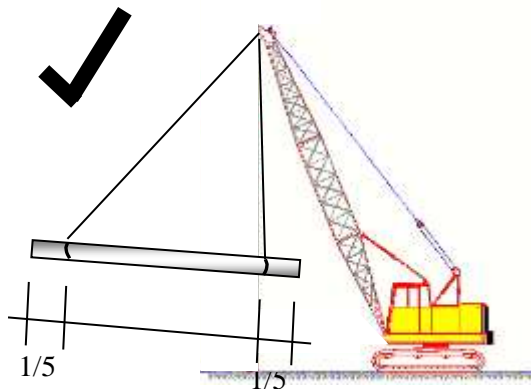


*Gambar 5. 11 Pekerjaan Stacking Out*

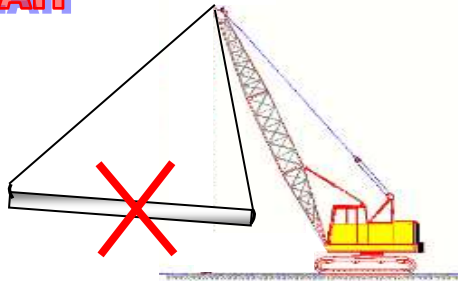
## 5.3 Pekerjaan Pemancangan Sesuai Kedalaman Rencana

### 1. Mobilisasi tiang pancang

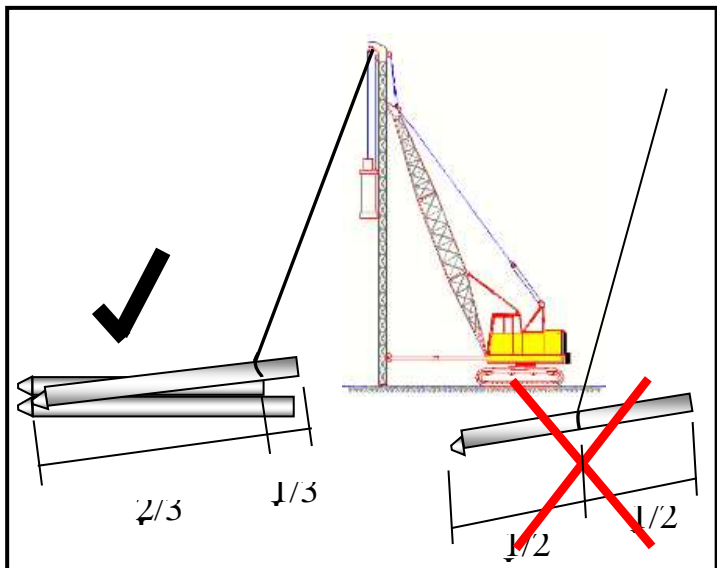
**BENAR**





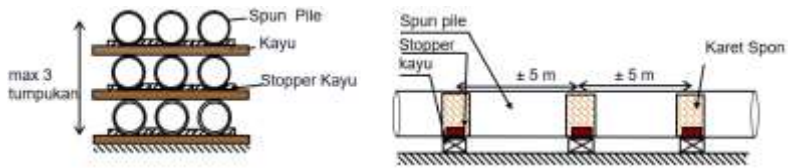
**SALAH**

***Gambar 5. 12 Penurunan Tiang Pancang dari Trailer Menuju Stock Pile Tidak Diperbolehkan Menggunakan Ganco pada Bagian Ujung-Ujung Tiang***



***Gambar 5. 13 Pengangkatan Tiang Pancang dari Proses Pemancangan***

## 2. Penumpukan Spun Pile

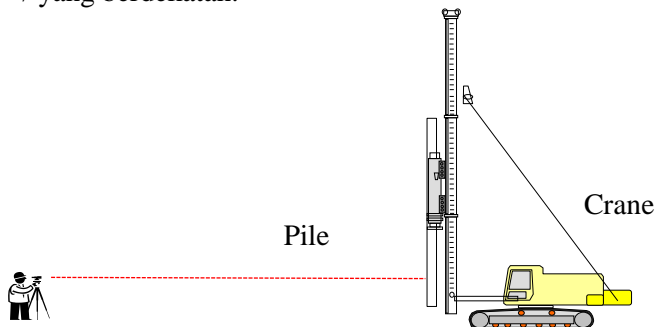


**Gambar 5. 14 Tata Cara Penumpukan Spun Pile di Lokasi Penumpukan Material**

## 3. Pekerjaan Pemancangan

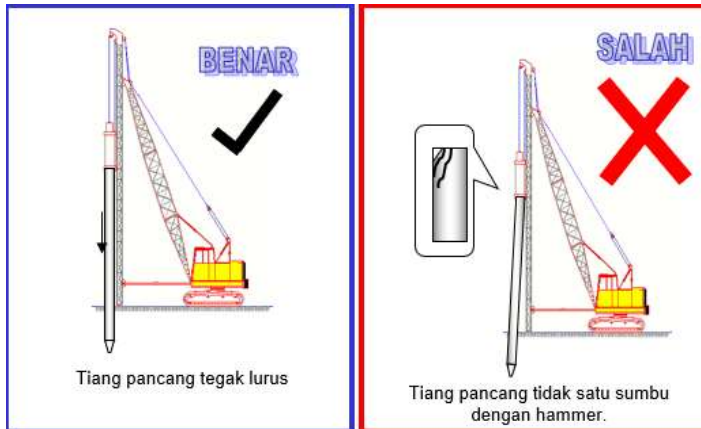
Tahapan Pelaksanaan Pemancangan :

- ☐ Trial Pemancangan pada pertama kali dilakukan pada koordinat pancang yang sesuai dengan gambar kerja (shop drawing).
- ☐ Pemancangan dilakukan hingga elevasi yang telah ditentukan.
- ☐ Setelah dilakukan pemancangan maka selanjutnya akan di lakukan calendering & re-calendering.
- ☐ Pemancangan pertama selesai, maka dilanjutkan dengan pemancangan di titik-titik koordinat lainnya / yang berdekatan.



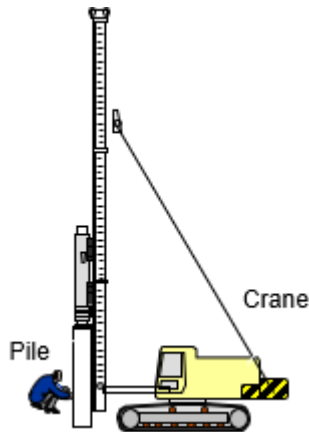
**Gambar 5. 15 Trial Pemancangan pada Pertama Kali Dilakukan pada Koordinat Pancang yang Sesuai dengan Gambar Kerja**

Tiang pancang harus ditempatkan lurus vertikal dengan posisi hammer di atas titik pancangnya, sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar. Untuk menjaga kelurusan tiang pancang dan jarak tiang sesuai dengan gambar kerja (*shop drawing*), maka dibutuhkan bantuan surveyor dengan menggunakan lot.



**Gambar 5. 16 Posisi Tiang Pancang saat Pekerjaan Pemancangan**

Penyambungan tiang pancang dilakukan menggunakan alat welder. Pengelasan dilakukan melingkar pada tiang pancang dengan material las yang telah disetujui oleh konsultan supervisi.



**Gambar 5. 17 Pekerjaan Kalendering**

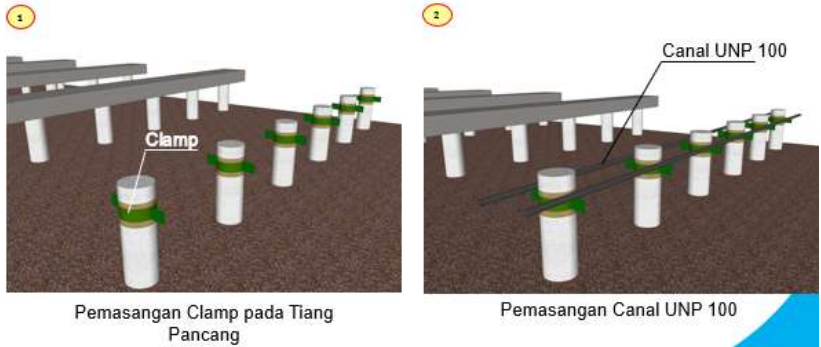
Pada saat pelaksanaan pemancangan, ketika tiang sudah hampir mencapai elevasi yang ditentukan ( $\pm 1$  m), maka dilakukan pembacaan final set (*calendering*). Bila hasil final set masih belum memenuhi syarat, maka akan dilakukan *re-calendering*.

#### **5.4 Pekerjaan Cutting Pile (Bobokan Tiang Pancang)**

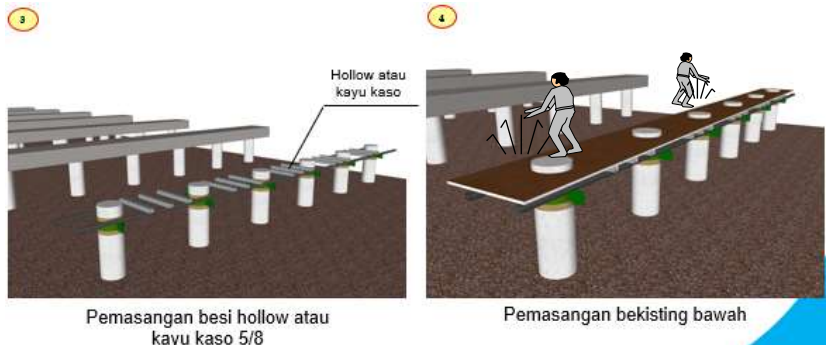


**Gambar 5. 18 Pemotongan Tiang Pancang Sesuai Elevasi yang telah Ditentukan pada Shop Drawing Dibantu dengan Half Crane.**

## 5.5 Pekerjaan Bekisting dan Pembesian Tiang Pancang (PHT)

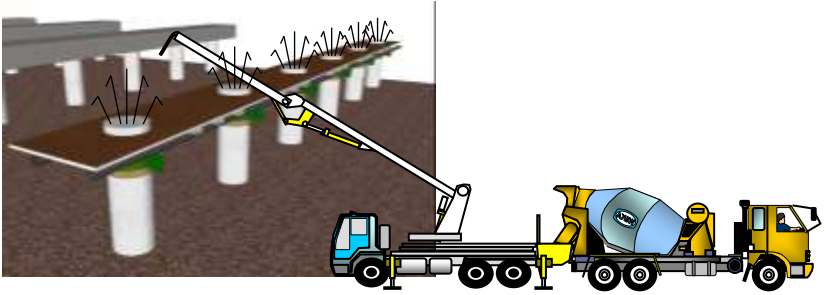


**Gambar 5. 19 Pemasangan Clamp Penyangga**



**Gambar 5. 20 Pemasangan Bekisting dan Tulangan PHT**

### 5.6 Pekerjaan Pengecoran Isian Tiang Pancang (PHT)

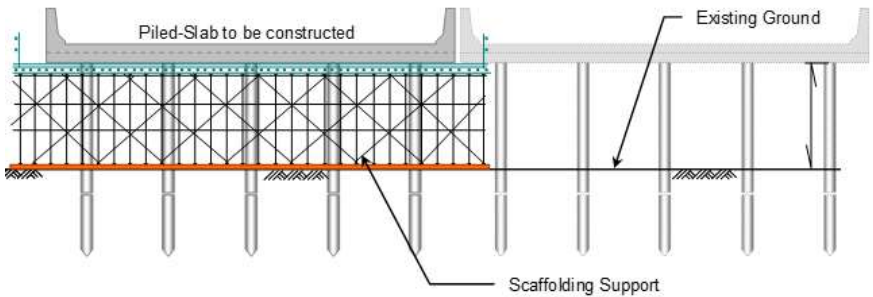


*Gambar 5. 21 Pekerjaan Pengecoran PHT*

### 5.7 Pekerjaan Pemasangan Bracing

Tahapan pekerjaan pemasangan bracing adalah sebagai berikut :

- ❑ Pemasangan perancah untuk membantu pekerja melakukan pemasangan bracing.



*Gambar 5. 22 Pemasangan Perancah*

- ❑ Pekerjaan pemotongan pelat buhul



***Gambar 5. 23 Pekerjaan Pemotongan Pelat Buhul***

- ❑ Pekerjaan pelubangan baut



***Gambar 5. 24 Pekerjaan Pelubangan Baut***

- ❑ Pekerjaan pemasangan clamp pada spun pile



*Gambar 5. 25 Pekerjaan Pemasangan Clamp*

- ❑ Pekerjaan pemasangan bracing profil baja



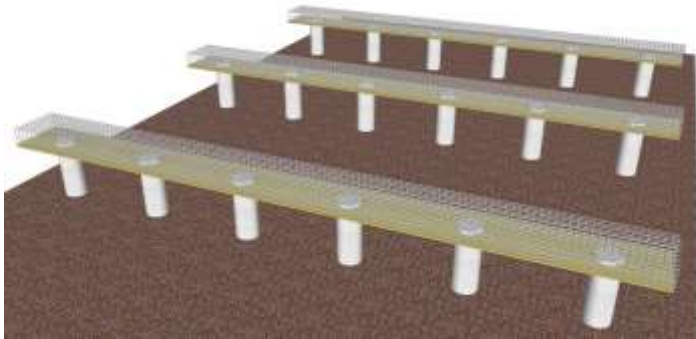




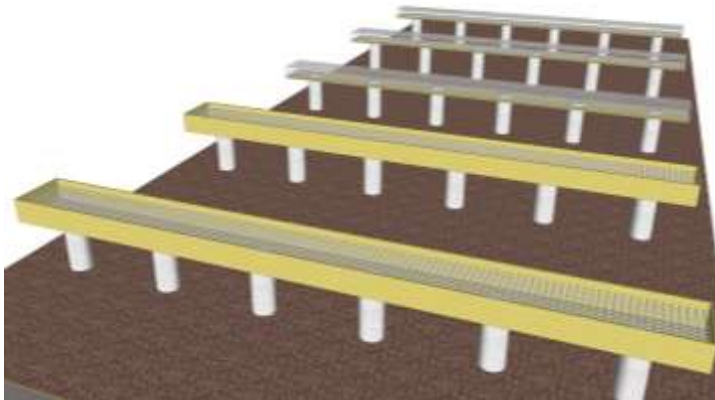


*Gambar 5. 26 Pekerjaan Pemasangan Bracing pada Pile*

## 5.8 Pekerjaan Bekisting dan Pembesian Pier Head



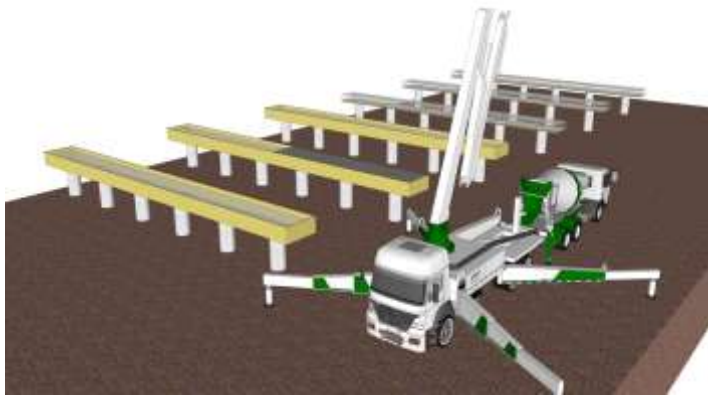
*Gambar 5. 27 Pemasangan Bekisting Bawah dan Besi Pile Head Sesuai dengan Shop Drawing*



*Gambar 5. 28 Pemasangan Bekisting Samping Pile Head*

## 5.9 Pekerjaan Pengecoran Pier Head

Tinggi jatuh beton yang disyaratkan adalah sebesar 1,5 meter.



***Gambar 5. 29 Pengecoran Pile Head Menggunakan Concrete Pump***

Perawatan beton dilakukan agar tidak terjadi penguapan yang berlebihan dari beton yang dapat berakibat pada keretakan beton. Metode perawatan beton :

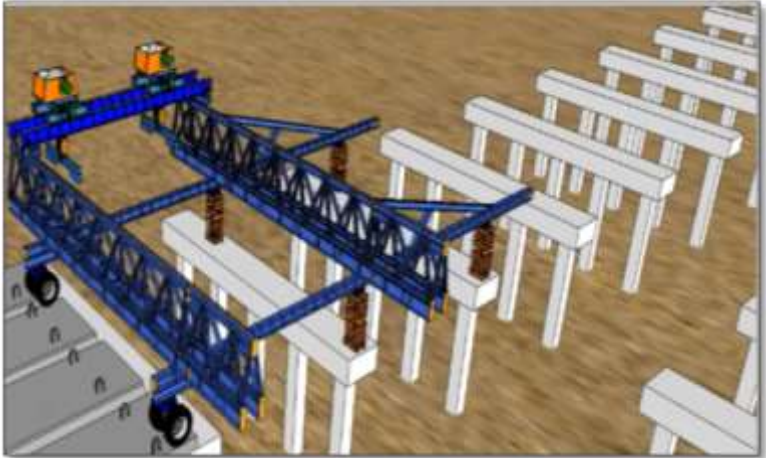
- Curing compound pada permukaan beton
- Menyiram beton dengan air

Lama pembongkaran bekisting pile head adalah sebagai berikut:

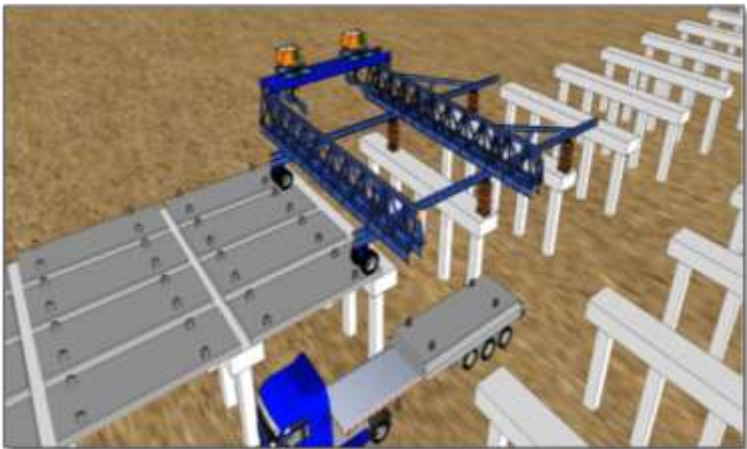
***Tabel 5. 2 Lama Pembongkaran Bekisting***

<b>Bekisting</b>	<b>Lama Pelepasan Bekisting</b>
<b>Bekisting samping</b>	1 Hari
<b>Bekisting bawah</b>	7 Hari

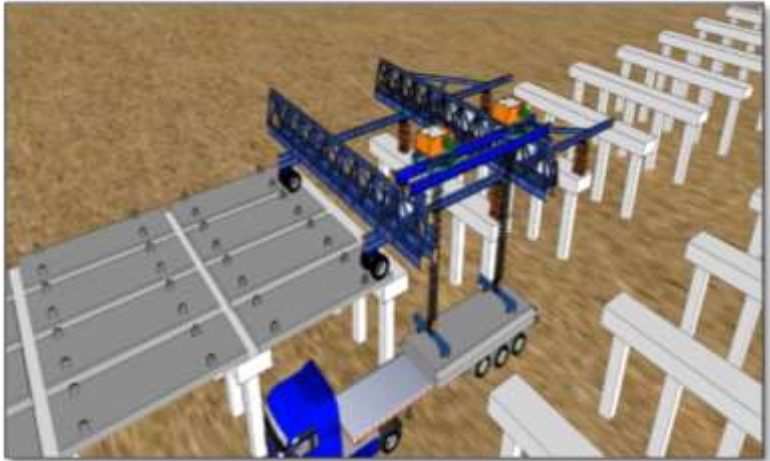
### 5.10 Pekerjaan Erection *Precast Half Slab*



*Gambar 5. 30 Proses Instalasi Gantry Crane di atas Pile Head*



*Gambar 5. 31 Mobilisasi Precast Half Slab dengan Menggunakan Truk Trailer*

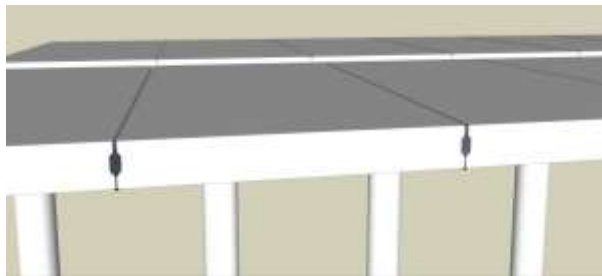


*Gambar 5. 32 Proses Pengangkatan Slab dengan Menggunakan Gantry Crane*

#### **5.11 Pekerjaan Grouting Lateral antar Precast Half Slab**

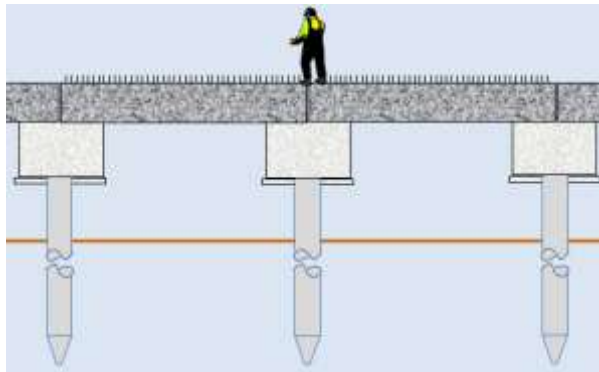
Grouting bertujuan untuk mengisi celah atau rongga dalam sebuah struktur. Material yang digunakan tidak memiliki sifat susut dan cenderung memiliki karakteristik mengembang.

Proses pengisian celah antar sambungan precast full slab dilakukan dengan menggunakan grouting dengan campuran yang telah disetujui



*Gambar 5. 33 Sambungan antar Precast*

### 5.12 Pekerjaan Pembesian Topping Slab



*Gambar 5. 34 Pekerjaan Pembesian Topping Slab*

### 5.13 Pekerjaan Bekisting dan Pengecoran Topping Slab







*Gambar 5. 35 Pekerjaan Pembesian Topping Slab*

#### 5.14 Pekerjaan Pemasangan Tulangan Barrier dan Pengecoran Barrier



Pembesian Barrier



Bekisting Barrier



Barrier Support



Pengecoran

*Gambar 5. 36 Pekerjaan Barrier*



### 5.15 Pekerjaan Aspal



Prime Coat Spraying



Transporting Asphalt



Spreading Asphalt



Material Quality Control



Compacting Tandem Roller – Pneumatic Tire Roller – Tandem Roller

*Gambar 5. 37 Pekerjaan Aspal*

### 5.16 Pekerjaan *Expansion Joint (Asphaltic Plug)*



**Gambar 5. 38** *Pemotongan Lapisan Aspal dan Pembongkaran Garis*



**Gambar 5. 39** *Membersihkan dari Kotoran dan Sisa-sisa Aspal*



**Gambar 5. 40** *Pemasangan Tali dan Plat Baja*



***Gambar 5. 41 Pemasangan Agregat***



***Gambar 5. 42 Pemasatan Agregat***



***Gambar 5. 43 Penghamparan Aspal Bitumen***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

##### **1. Pondasi Tiang Pancang**

Pada pondasi tiang pancang direncanakan dengan tulangan sebagai berikut :

Kriteria spun pile yang digunakan :

- Diameter dan mutu = 60 cm tipe C
- Mutu beton,  $f_c'$  K-600 = 49,8 Mpa
- Diameter wire,  $\emptyset$  = 9 mm
- Jumlah wire, n = 32 mm
- Diameter spiral,  $\emptyset$  = 4 mm
- Jarak spiral, s = 50 mm

Kriteria spun pile yang digunakan :

- Diameter dan mutu = 60 cm tipe B
- Mutu beton,  $f_c'$  K-600 = 49,8 Mpa
- Diameter wire,  $\emptyset$  = 9 mm
- Jumlah wire, n = 24 mm
- Diameter spiral,  $\emptyset$  = 4 mm
- Jarak spiral, s = 50 mm

Kriteria Pile Head Treatment (PHT)

- Mutu beton,  $f_c'$  = 30 Mpa
- Diameter tul.utama, D = 25 mm
- Jumlah tulangan, n = 22 buah
- Diameter tul.spiral,  $\emptyset$  = 12 mm
- Jarak tulangan Sengkang, s = 80 mm

##### **2. Bracing pada Pile**

Perencanaan bracing yang mendukung struktr piled slab ini menggunakan baja profil sebagai berikut :

Bracing Diagonal:

- Mutu baja = BJ-41
- Profil baja = 150.150.15
- Jumlah baut = 6 buah
- Jarak antar baut = 100 mm
- Jarak baut ke tepi = 75 mm

Bracing Horisontal:

- Mutu baja = BJ-41
- Profil baja = 100.100.10
- Jumlah baut = 4 buah
- Jarak antar baut = 100 mm
- Jarak baut ke tepi = 50 mm

Clamp pada pile:

- Mutu baja = BJ-41
- Tebal pelat = 15 mm
- Jumlah baut = 5 buah kanan kiri
- Jarak antar baut = 100 mm
- Jarak baut ke tepi = 50 mm

3. Pier Head

Hasil perhitungan tulangan pier head pada struktr piled slab ini sebagai berikut :

*Tabel 6. 1 Rekap Hasil Perhitungan Tulangan Pier Head*

DIMENSI	LETAK	TUL. TORSI		TUL. LENTUR ATAS		TUL. LENTUR BAWAH		TUL. GESER		S
mm		n	D	n	D	n	D	<sup>n</sup> kaki	D	
700 x 1400	TUM	6	19	14	19	14	19	4	16	100
	LAP	6	19	10	19	12	19	4	16	200

#### 4. Pelat Lantai Kendaraan

Hasil perhitungan tulangan pelat lantai sebagai berikut :

**Tabel 6. 2 Rekap Hasil Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan**

TIPE PELAT	L	LEBAR	TEBAL PRECAST	TEBAL TOPPING	JENIS PELAT
	m	m	m	m	
1	5	1,358	0,22	0,13	KOMPOSIT
2 (TEPI)	5,485	1,358	0,22	0,13	KOMPOSIT
3	2	1,358	0,22	0,13	KOMPOSIT
4 (TEPI)	2,485	1,358	0,22	0,13	KOMPOSIT

TIPE PELAT	LETAK	Penulangan Pelat										
		Layer 1		Layer 2			Layer 3 Tumpuan			Layer 3 Lapangan		
		n	D	D	-	Spasi	D	-	Spasi	D	-	Spasi
1	Memanjang	13	19	13	-	350	19	-	100	13	-	100
	Melintang	15	13	19	-	150	D13 - 200					
2	Memanjang	13	19	13	-	350	19	-	100	13	-	100
	Melintang	16	13	19	-	150	D13 - 200					
3	Memanjang	14	16	13	-	350	16	-	100	13	-	100
	Melintang	8	13	16	-	150	D13 - 200					
4	Memanjang	14	16	13	-	350	16	-	100	13	-	100
	Melintang	9	13	16	-	150	D13 - 200					

TIPE PELAT	Tulangan Angkat		Shear Connector		Sambungan memanjang antar precast		Sambungan melintang antar precast		
	Per segmen precast		Per meter						
	n	D	n	D	n	Ø	Ø	-	Spasi
1	4	16	8	13	8	4	6	-	200
2	4	16	8	13	8	4	6	-	200
3	4	13	6	13	8	4	6	-	200
4	4	13	6	13	8	4	6	-	200

## 5. **Komponen Pelengkap**

Penghalang lalu lintas dari beton :

- Diameter tulangan utama = D16 - 150
- Diameter tulangan bagi = 12 Ø10

Kebutuhan Angkur pada piled slab :

- Angkur Fix = D32
- Jumlah angkur Fix = 25 buah
- Angkur Move = D22
- Jumlah angkur Move = 25 buah
- Panjang angkur fix move = 420 mm
- Jarak antar angkur = 665 mm
- Jarak angkur ke tepi beton = 170 mm

Dimensi rubber sheet yang digunakan :

- Dimensi = 400 x 95 x 20
- Jumlah = dipasang sepanjang pier head

## 6.2 **Saran**

- Sebelum mengerjakan Tugas Akhir hendaknya melengkapi seluruh data dan referensi yang dibutuhkan, agar proses pengerjaan Tugas Akhir ini dapat berjalan lancar.
- Sebelum mengerjakan Tugas Akhir hendaknya menyusun sistematika penulisan Tugas Akhir secara urut dan keseluruhan, agar dalam pengerjaan Tugas Akhir tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
- Hendaknya mengerjakan Tugas Akhir ini secara teratur, sehingga pengerjaan dan hasil dapat maksimal dan sesuai dengan yang diharapkan.



## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833-2016)*.

Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Pembebanan Jembatan (SNI 1725-2016)*.

Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*.

Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (SNI T-12-2004)*.

Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*.

Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman Perencanaan Sambungan Siar Muai pada Lantai Jembatan (Surat Edaran Nomor:11/SE/M/2015)*.

Chu Kia Wang, Charles G.Salmon, Binsar Hariandja. (1994). *Disain Beton Bertulang, Edisi Keempat, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Suyono Sasrodarsono, Kazuto Nakazawa. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Cetakan Ketujuh*. Jakarta: Pradnya Paramita.

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan Jawa Timur, 11 Februari 1995, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis bernama lengkap Ismi Baroroh telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Darul Ulum Lamongan, MI Darul Ulum Lamongan, Mts. Ihyaul Ulum Gresik dan MA. Ihyaul Ulum Gresik. Setelah lulus dari MA tahun 2013, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP-ITS.

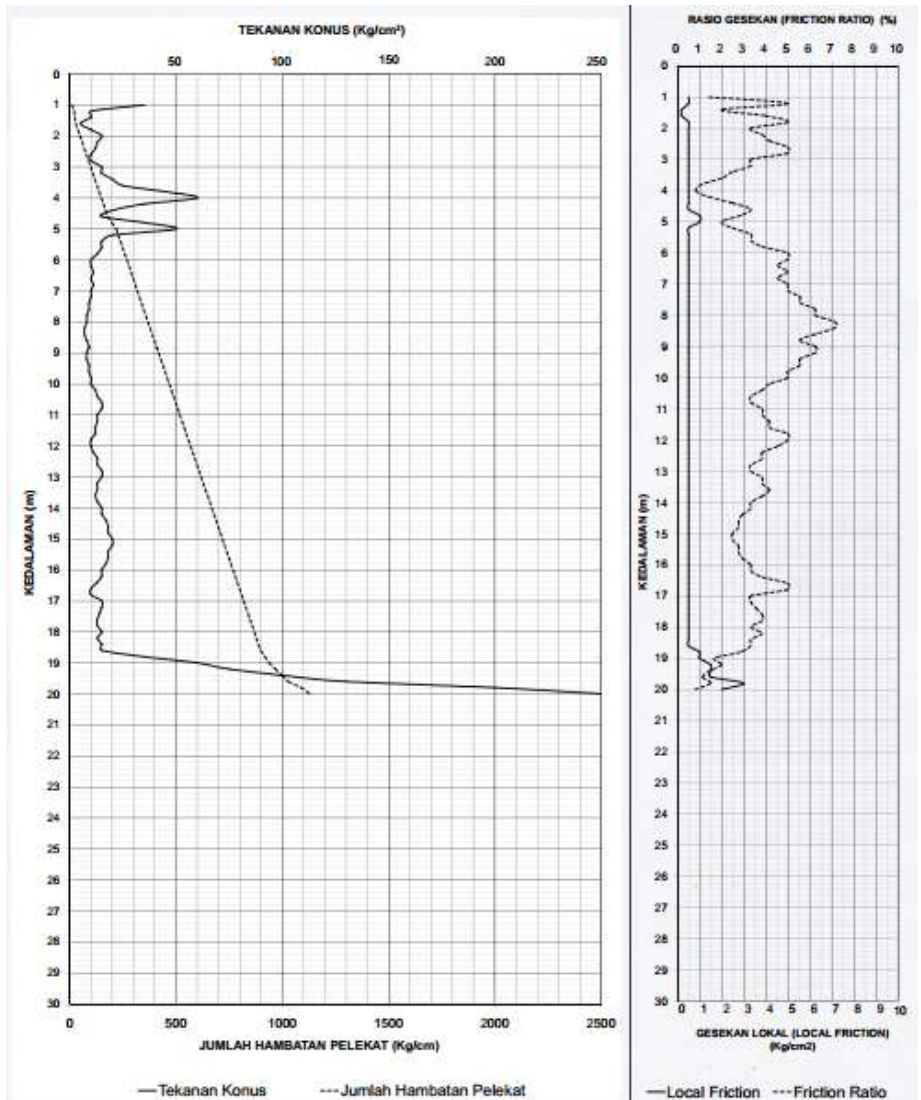
Kemudian penulis melanjutkan pendidikan DIV lanjut jenjang Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS dan terdaftar dengan NRP 10111715000012. Pada program studi DIV lanjut jenjang ini penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Transportasi. Penulis fokus dalam bidang perencanaan struktur piled slab selama masa studinya. Pada tahun 2017 penulis bekerja di proyek relokasi jalan tol Porong-Gempol Paket 1 Sidoarjo, dengan pengalaman tersebut pada tahun 2018 penulis menyusun tugas akhir dengan judul “Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan *Piled Slab* dengan *Half Slab Precast* dan *Bracing* pada Pile Proyek Relokasi Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1 STA 37+350 – 37+700 Sidoarjo Jawa Timur”

Hormat Penulis,  
Ismi Baroroh  
085746218448  
Ismi13@mhs.ce.its.ac.id

## Lampiran 1: Data Uji Tanah Bore Hole

[illegible]

## Lampiran 2: Data Uji Tanah Sondir



Lampiran 3: Brosur Spun Pile

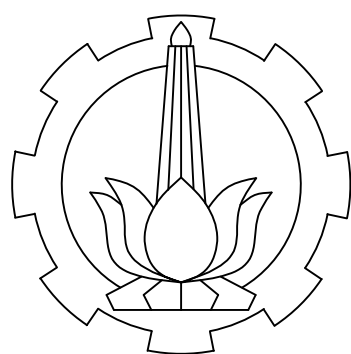


Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 PBL - 1971	Standard Specification for Concrete Aggregates Indonesian Concrete Code	
PC Wire	JIS G 3137 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : Water Reducing Admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesia Concrete Code	Compressive Strength at : 28 days : 600 kgf/cm2 (cube)
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product type I Special Order : type II or V
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire Joint Plate	JIS G 3532 - 2000 JIS G 3101 - 2004	Low Carbon Steel Wire Rolled Steel for General Structure	SWMA / SWMP SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A 5.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent

## Spun Piles Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (ton)	PC Bar		
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		Φ (mm)	Num (pcs)	Area (cm <sup>2</sup> )
600	100	A1	1,571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70	7.1	18	7.13
		A2				19.00	28.50	249.00	7.1	20	7.92
		A3				22.00	33.00	243.20	9.0	18	11.45
		B				25.00	45.00	238.30	9.0	24	15.27
		C				29.00	58.00	229.50	9.0	32	20.36
800	120	A1	2,564	641	6 - 18	40.13	60.20	409.17	7.1	30	11.88
		A2				46.56	69.84	400.12	7.1	40	15.84
		A3				52.11	78.16	390.58	9.0	32	20.36
		B				60.51	108.92	384.35	9.0	42	26.72
		C				70.52	141.04	369.65	10.7	40	35.97
1000	140	A1	3,782	946	6 - 20	74.26	111.39	605.28	7.1	42	16.63
		A2				85.05	127.57	593.49	9.0	34	21.63
		A3				95.37	143.05	579.51	9.0	44	27.99
		B				112.38	202.28	568.75	10.7	42	37.77
		C				128.22	256.44	550.28	10.7	54	48.56

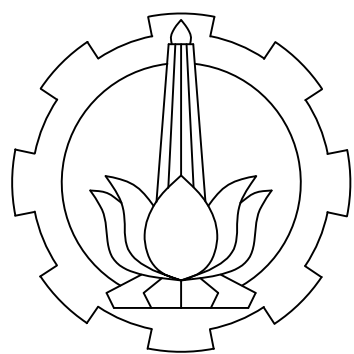


## DAFTAR ISI

### DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
ARS	SITE PLAN	1:1500	01
ARS	LONG SECTION	1:200	01
ARS	DENAH SLAB	1:150	02
ARS	POTONGAN MELINTANG	1:150	03
ARS	POTONGAN MEMANJANG	1:150	03
ARS	DETAIL POTONGAN MELINTANG PILED SLAB	1:75	04
STR	DENAH HALF SLAB PRECAST	1:150	05
STR	DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L=2 M	1:75	06
STR	DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L=5 M	1:75	06
STR	POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L=5 M	1:50	07
STR	DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L=5 M	1:25	08
STR	DETAIL 1 & 2	1:10	08
STR	POTONGAN A	1:40	08
STR	POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L=2 M	1:50	09

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L=2 M	1:20	10
STR	DETAIL 1 & 2	1:10	10
STR	POTONGAN A	1:20	10
STR	DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST TEPI	1:75	11
STR	POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L=5,485 M	1:50	12
STR	DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L=5,485 M	1:25	13
STR	DETAIL 1 & 2	1:10	13
STR	POTONGAN A	1:40	13
STR	POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L=2,485 M	1:50	14
STR	DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L=2,485 M	1:20	15
STR	DETAIL 1 & 2	1:10	15
STR	POTONGAN A	1:20	15
STR	TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L=5 M	1:75	16



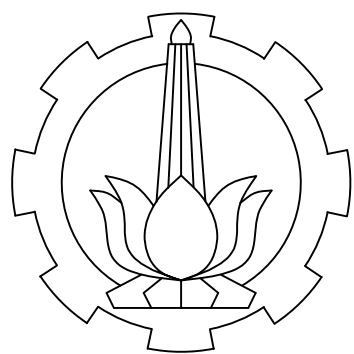
# DAFTAR ISI

## DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L=5,485 M	1:75	17
STR	TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L=2 M	1:75	18
STR	TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L=2,485 M	1:75	19
STR	DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L= 5 M	1:20	20
STR	DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L= 2 M	1:15	20
STR	DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L= 5,485 M	1:25	21
STR	DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L= 2,485 M	1:15	21
STR	PIER HEAD	1:55	22
STR	POTONGAN A	1:20	22
STR	PIER HEAD TUMPUAN	1:20	23
STR	PIER HEAD TUMPUAN	1:20	23
STR	PIER HEAD LAPANGAN	1:20	23
STR	PIER HEAD EXPANSION JOINT	1:55	24

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	POTONGAN A	1:20	24
STR	PIER HEAD TUMPUAN	1:20	25
STR	PIER HEAD TUMPUAN	1:20	25
STR	PIER HEAD LAPANGAN	1:20	25
STR	DETAIL PENULANGAN PIER HEAD	1:25	26
STR	POTONGAN MEMANJANG TULANGAN SLAB DAN PIER HEAD	1:50	27
STR	DETAIL 1	1:15	27
STR	DETAIL 2 POTONGAN MEMANJANG TULANGAN SLAB DAN PIER HEAD	1:15	28
STR	SPUN PILE	1:30	29
STR	DETAIL KOMPOSIT	1:10	29
STR	DETAIL SPUN PILE	1:10	29
STR	DENAH BRACING PADA PILE	1:150	30
STR	POTONGAN MELINTANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE	1:150	31
STR	POTONGAN MEMANJANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE	1:150	31
STR	DETAIL A BRACING PADA PILE	1:10	32
STR	DETAIL B BRACING PADA PILE	1:10	33

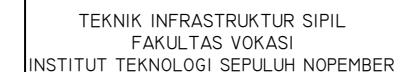




## DAFTAR ISI

### DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DETAIL C BRACING PADA PILE	1:10	34
STR	DETAIL D BRACING PADA PILE	1:10	35
STR	DETAIL E BRACING PADA PILE	1:10	36
STR	DETAIL BARRIER	1:20	37
STR	DETAIL PENULANGAN BARRIER	1:20	37
STR	DETAIL EXPANSION JOINT	1:20	37
STR	DETAIL RUBBER SHEET	1:20	37
STR	DENAH ANCHOR	1:75	38
STR	DETAIL ANCHOR	1:5	38
STR	DETAIL FIX ANCHOR	1:1	38
STR	DETAIL MOVE ANCHOR	1:1	38

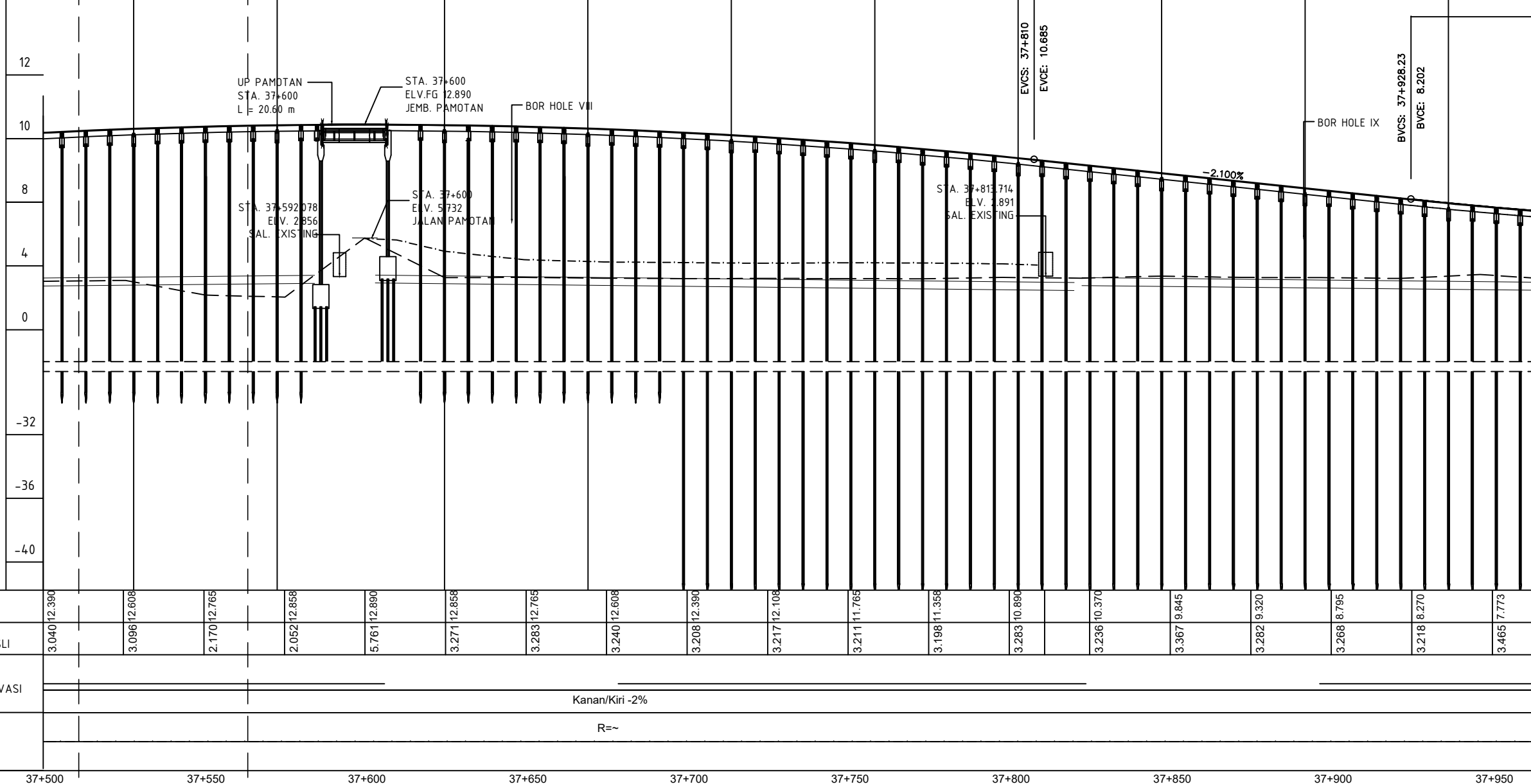


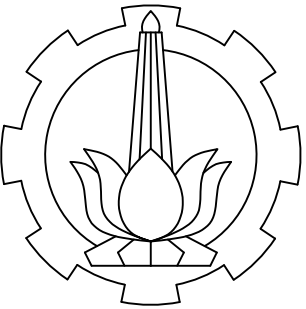

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING	
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.	
IR. CHOMAEDHI, CES GEO	

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
ARS	01	38





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH SLAB	1:150

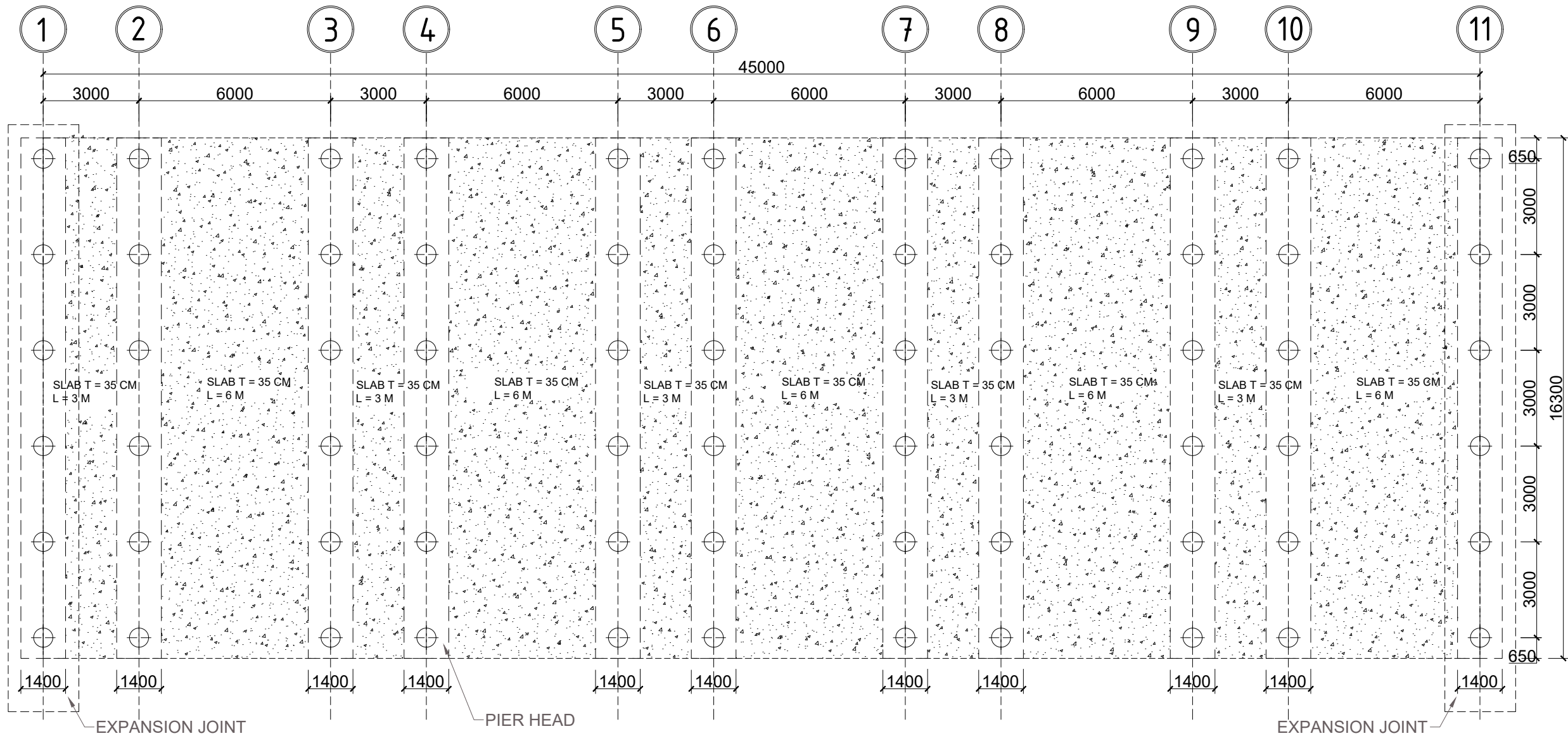
DOSEN PEMBIMBING

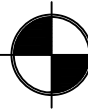
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
ARS	02	38



 **DENAH SLAB STA. 37+325 - STA. 37+575**  
SKALA 1:150



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## REVISI

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

## JUDUL GAMBAR

## SKALA

POTONGAN MELINTANG 1:150

POTONGAN MEMANJANG 1:150

## DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

## MAHASISWA

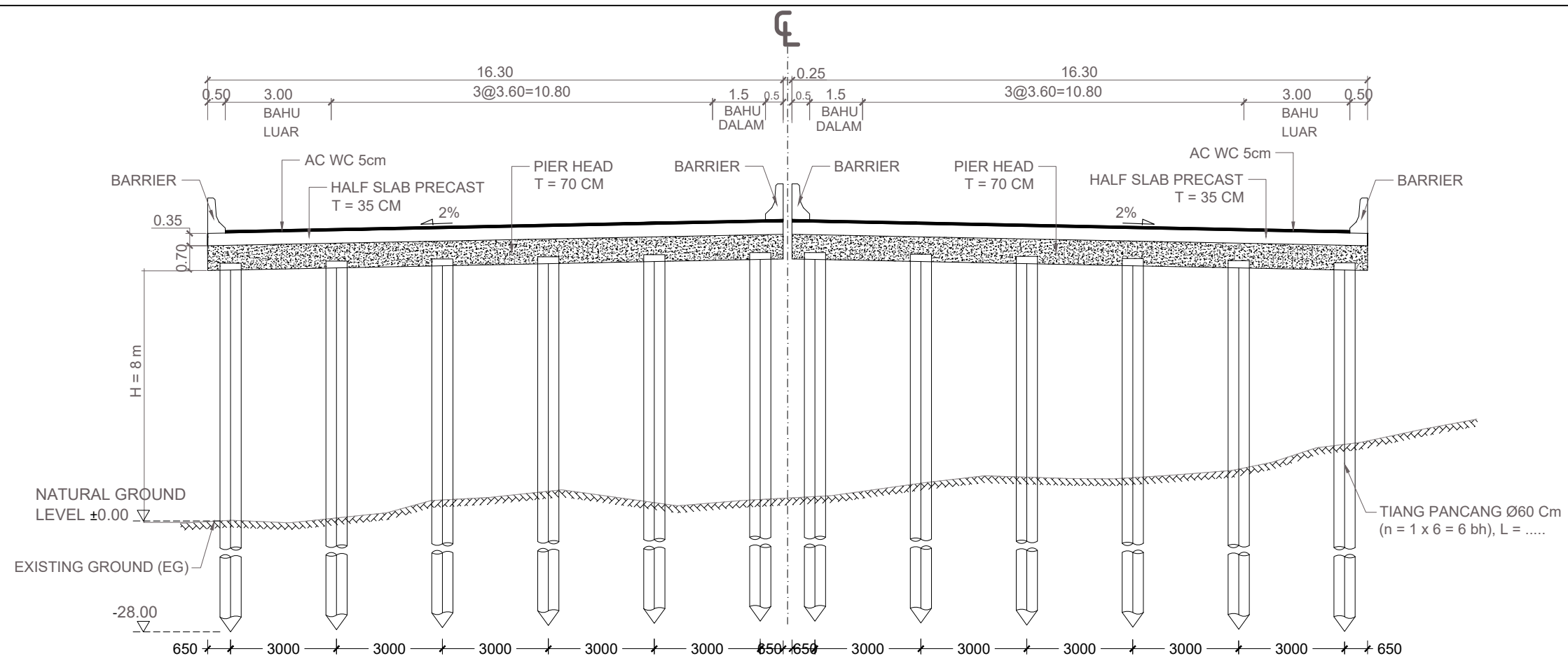
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

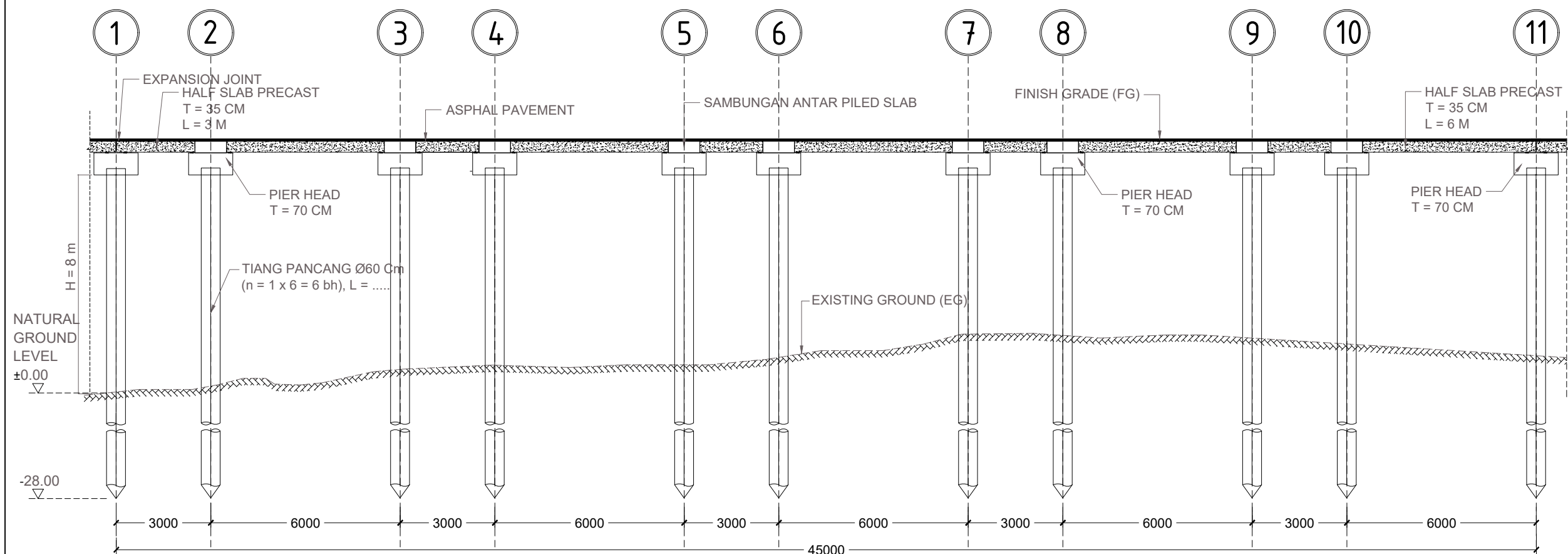
ARS

03

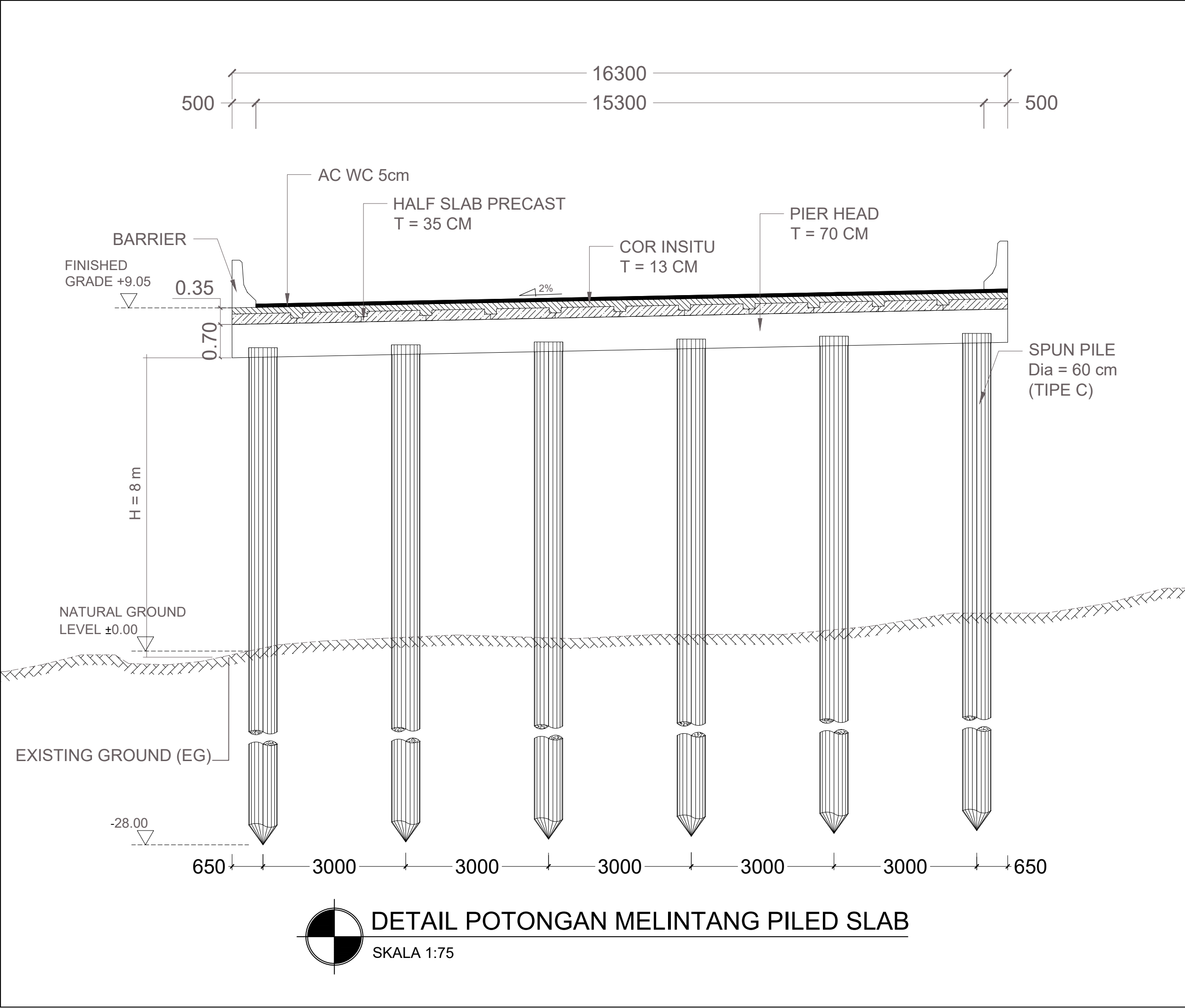
38



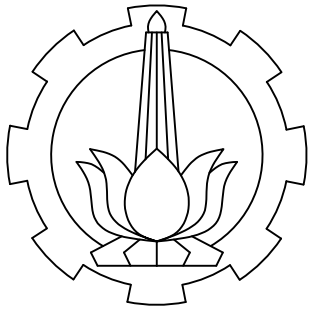
**POTONGAN MELINTANG PILED SLAB**  
SKALA 1:150



**POTONGAN MEMANJANG PILED SLAB**  
SKALA 1:150



<div></div> <div>TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</div>		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DETAIL POTONGAN MELINTANG PILE SLAB	1:75	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
ARS	04	38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH HALF SLAB PRECAST	1:150

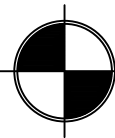
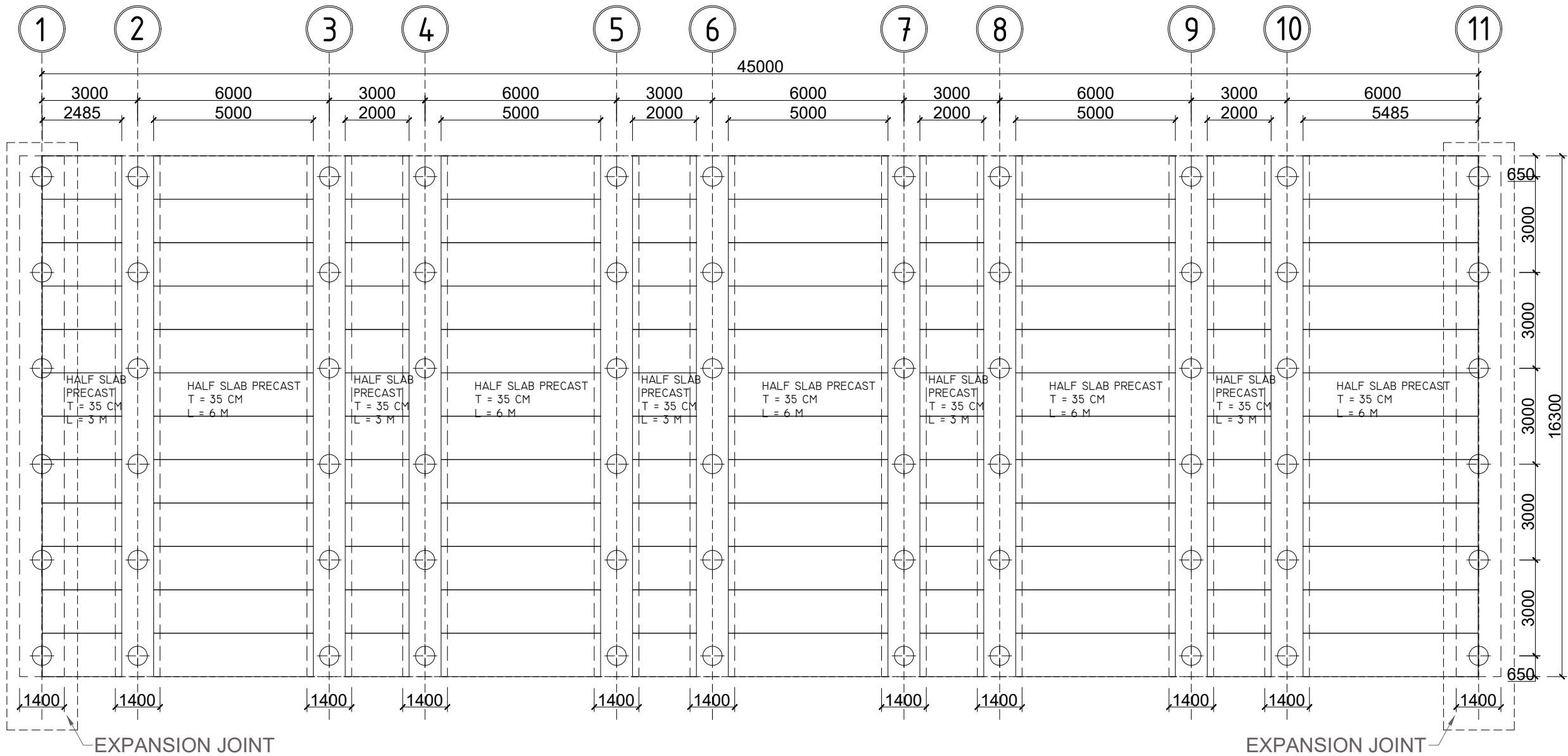
DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

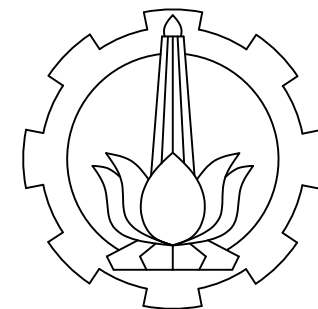
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	05	38



DENAH HALF SLAB PREAST STA. 37+325 - STA. 37+575

SKALA 1:150





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI


JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L = 2 M	1:75
DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L = 5 M	1:75

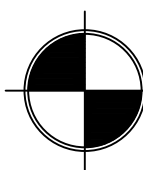
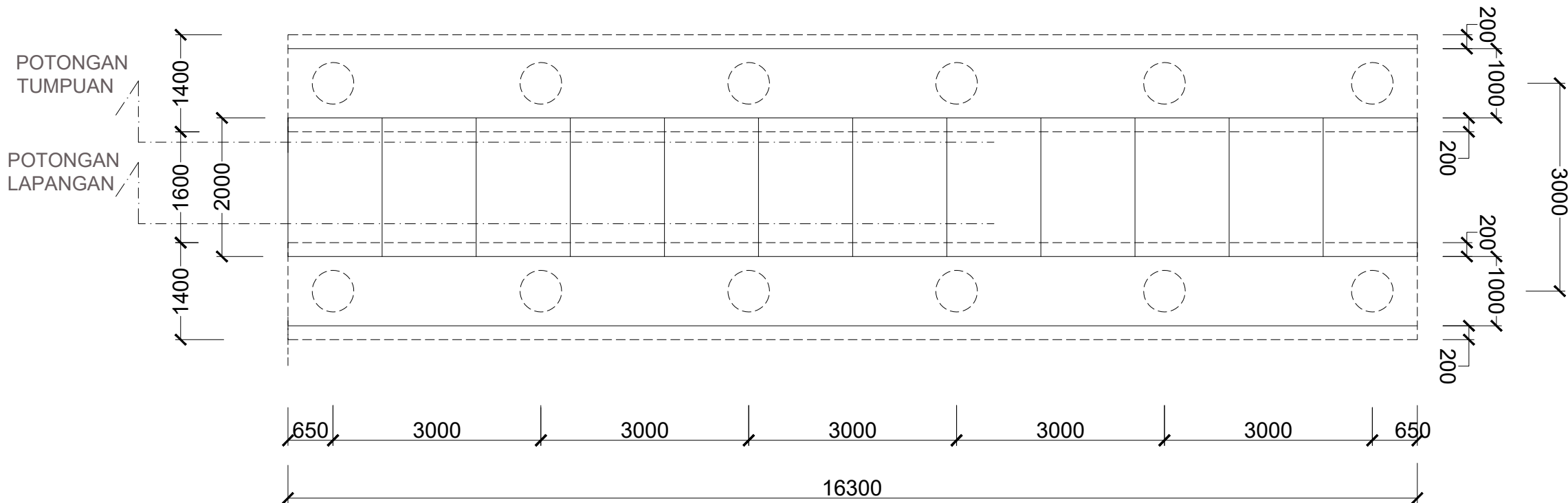
DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

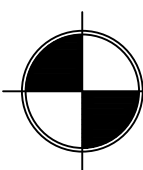
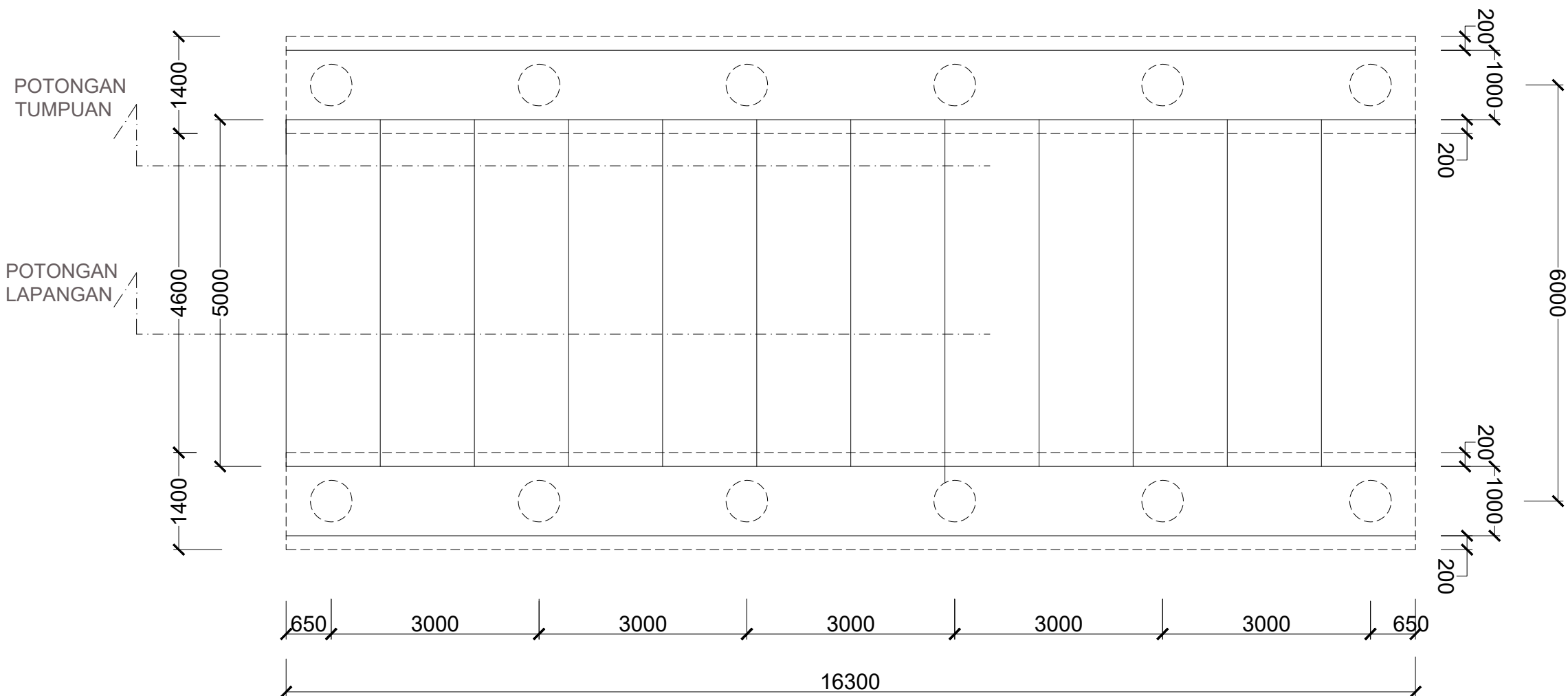
MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

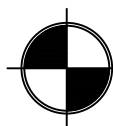
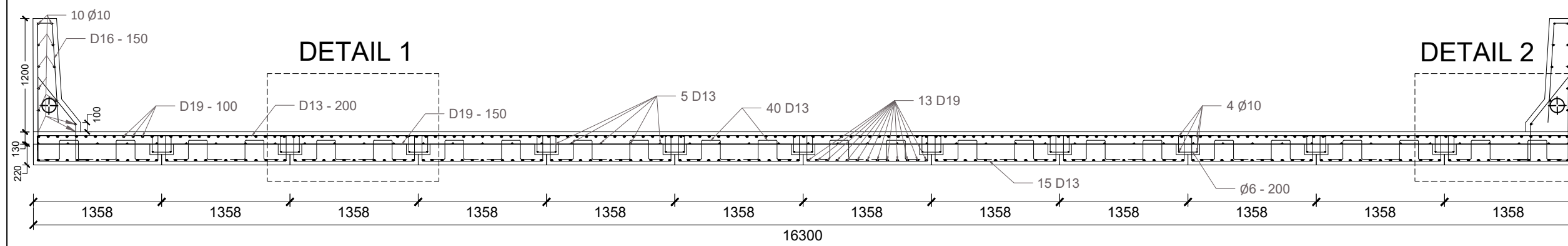
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	06	38



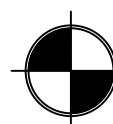
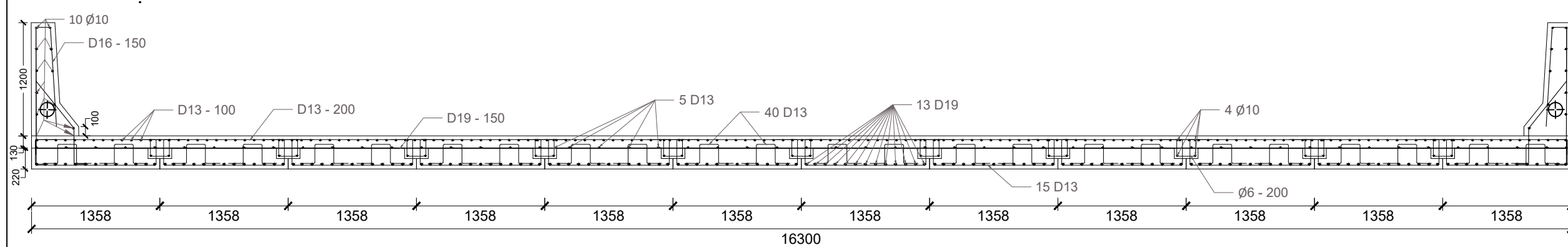
DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L = 2 M  
SKALA 1:75



DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST L = 5 M  
SKALA 1:75



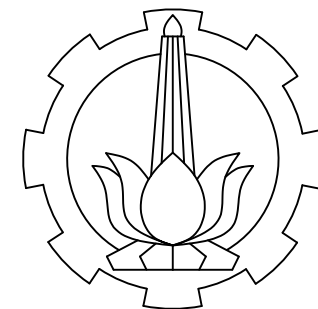
POTONGAN MELINTANG TUMPUAN PRECAST L = 5 M  
SKALA 1:50



POTONGAN MELINTANG LAPANGAN PRECAST L = 5 M  
SKALA 1:50

TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L = 5 M	1:50	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	07	38





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR SKALA

RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L = 5 M	1:25
DETAIL 1 & 2	1:10
POTONGAN A	1:40

#### DOSEN PEMBIMBING

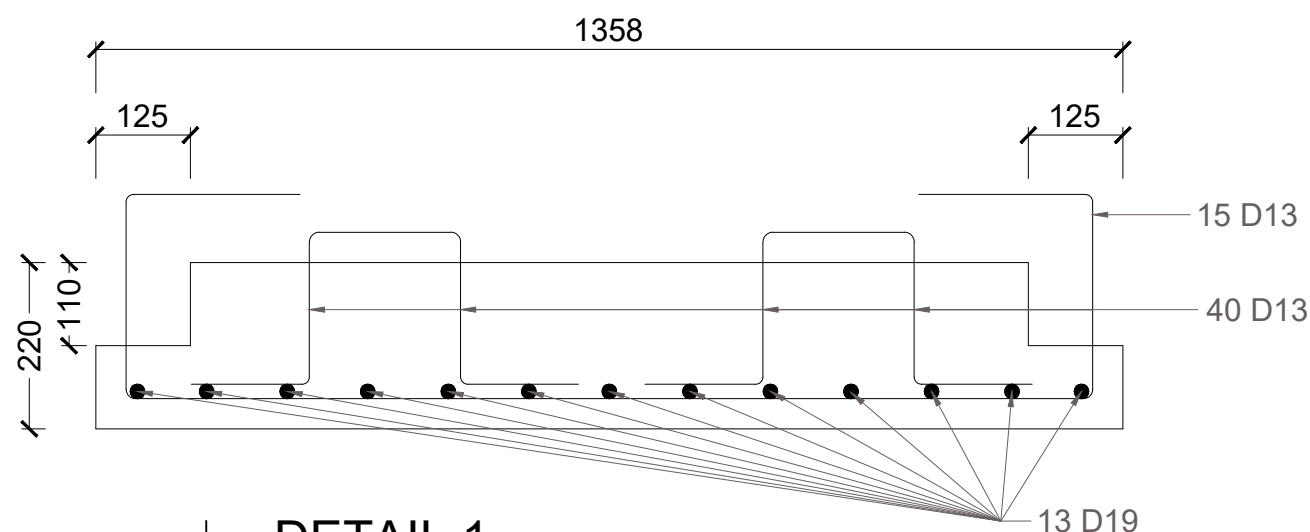
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

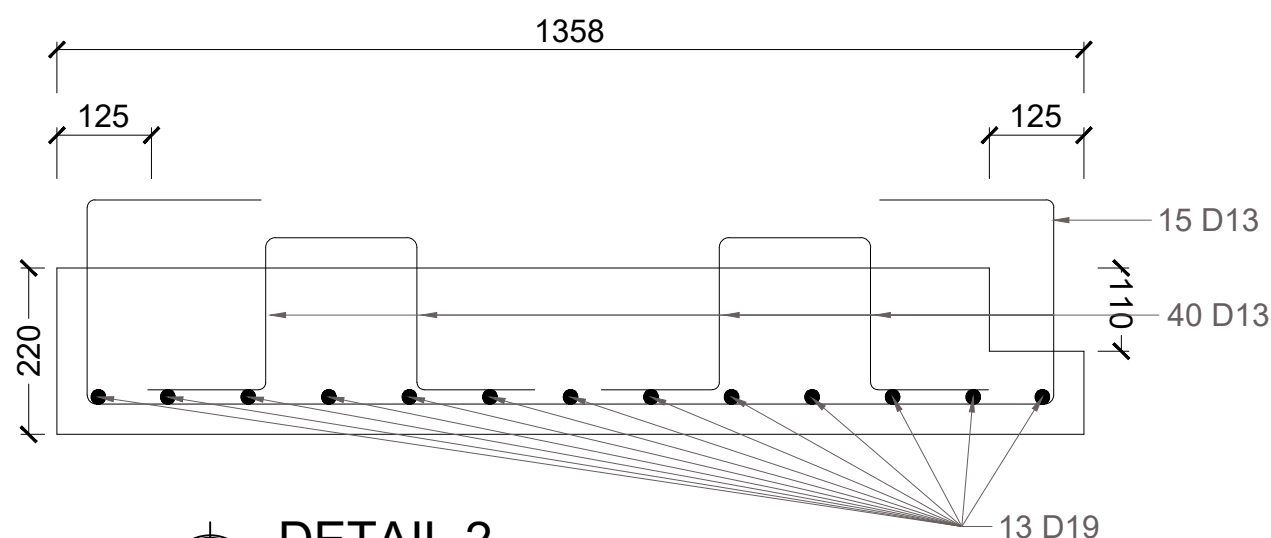
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

#### KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

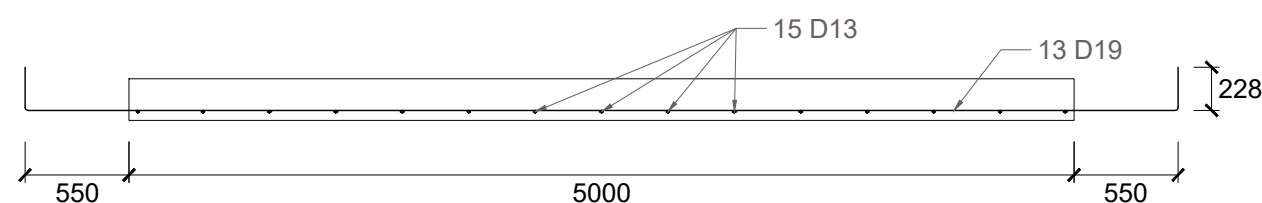
STR 08 38



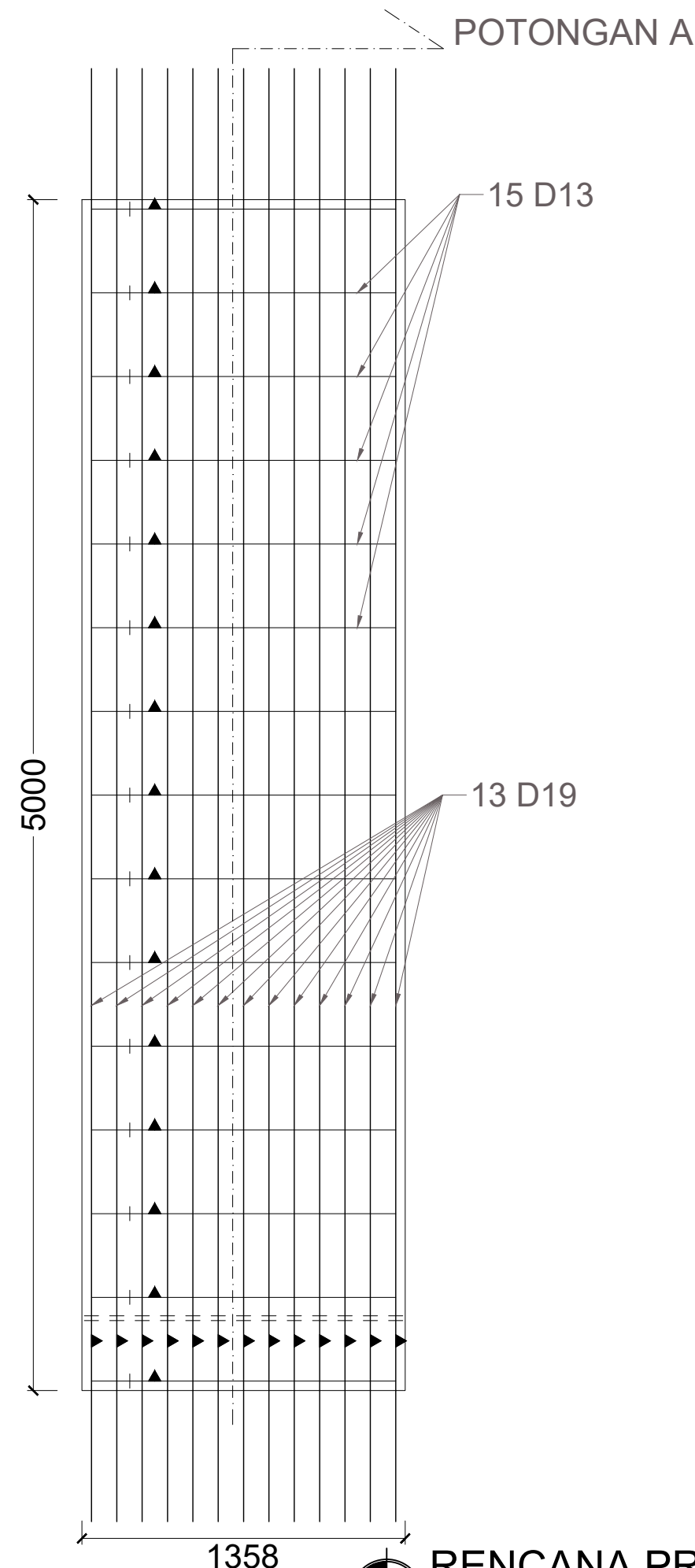
**DETAIL 1**  
SKALA 1:10



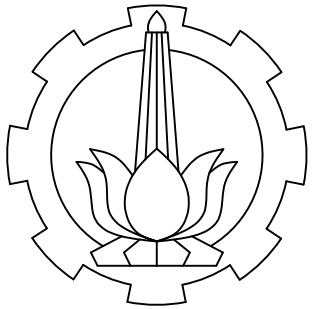
**DETAIL 2**  
SKALA 1:10



**POTONGAN A**  
SKALA 1:40



**RENCANA PRECAST**  
SKALA 1:25



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
TUMPUAN &  
LAPANGAN  
HALF SLAB  
PRECAST L = 2 M

1:50

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

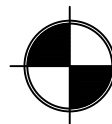
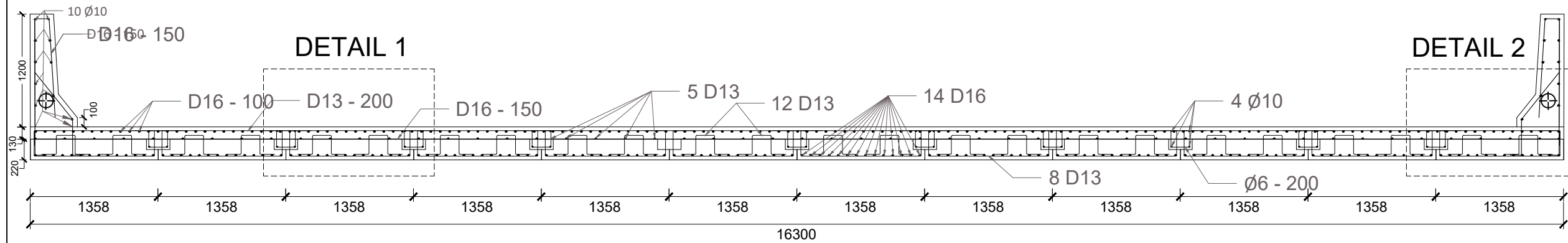
NO GBR

JML GBR

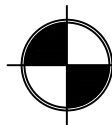
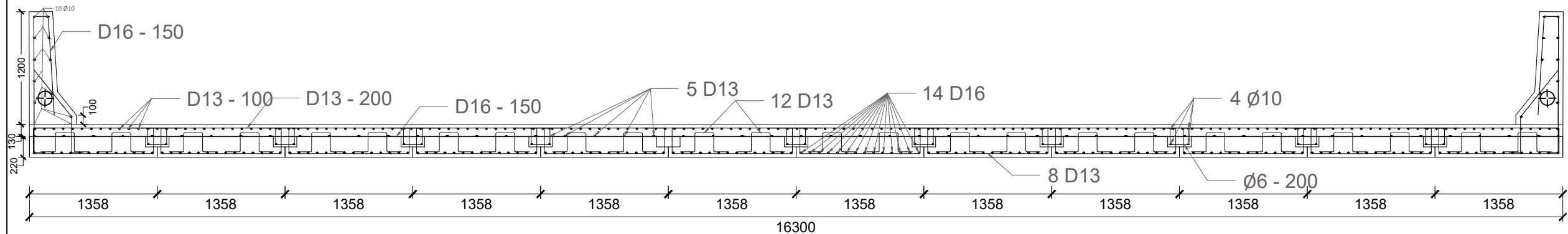
STR

09

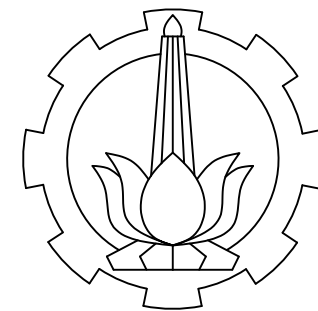
38



POTONGAN MELINTANG TUMPUAN PRECAST L = 2 M  
SKALA 1:50



POTONGAN MELINTANG LAPANGAN PRECAST L = 2 M  
SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI

#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR

#### SKALA

DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L = 2 M	1:20
DETAIL 1 & 2	1:10
POTONGAN A	1:20

#### DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

#### KODE GAMBAR

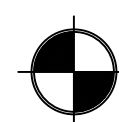
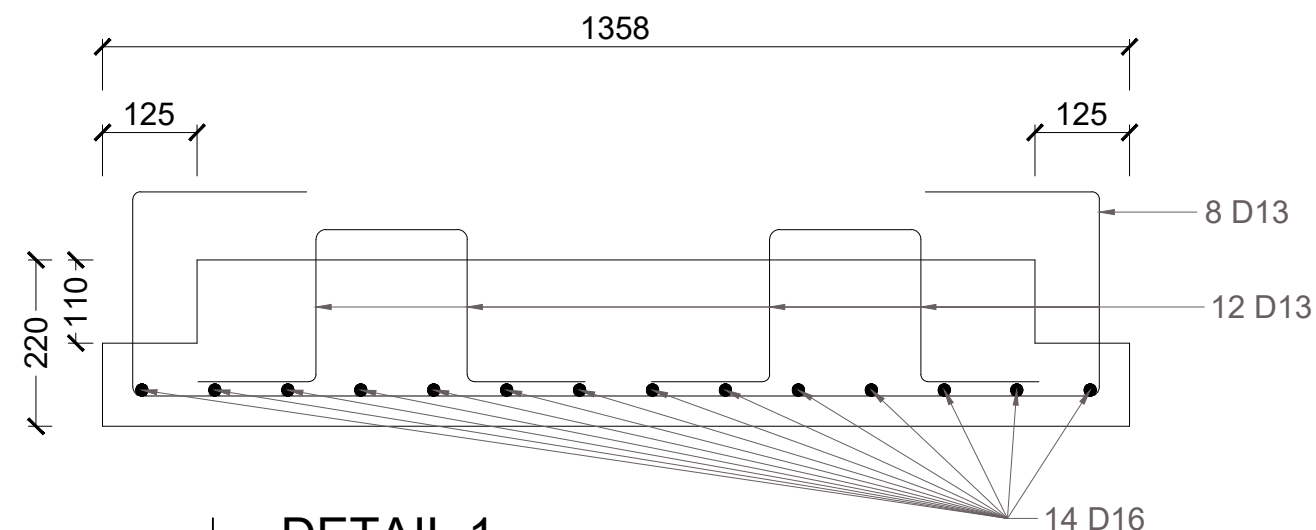
#### NO GBR

#### JML GBR

STR

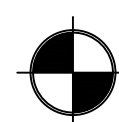
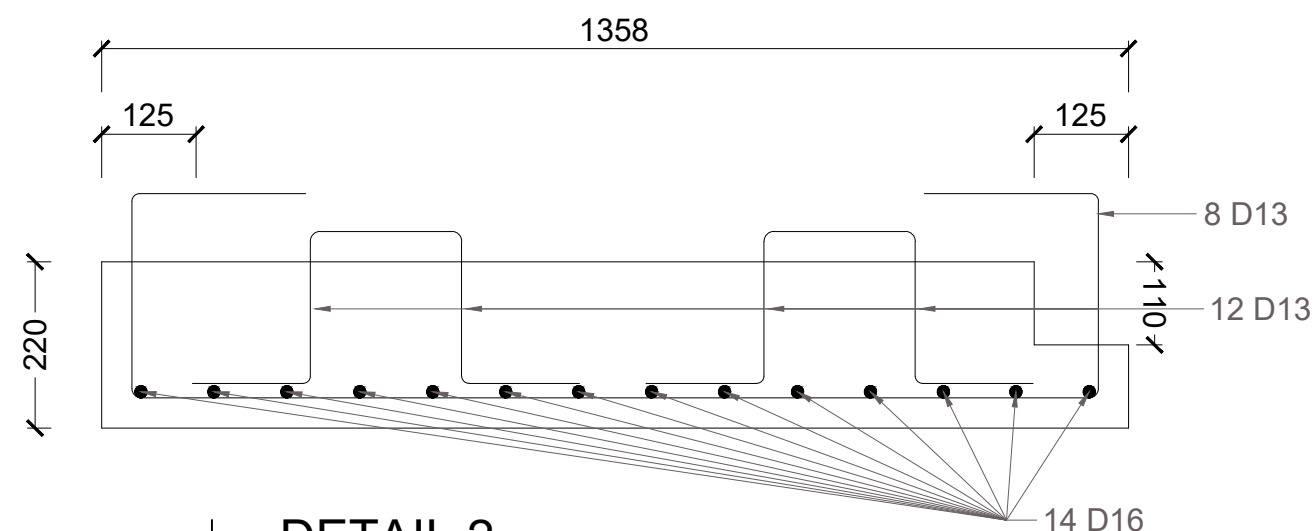
10

38



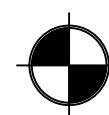
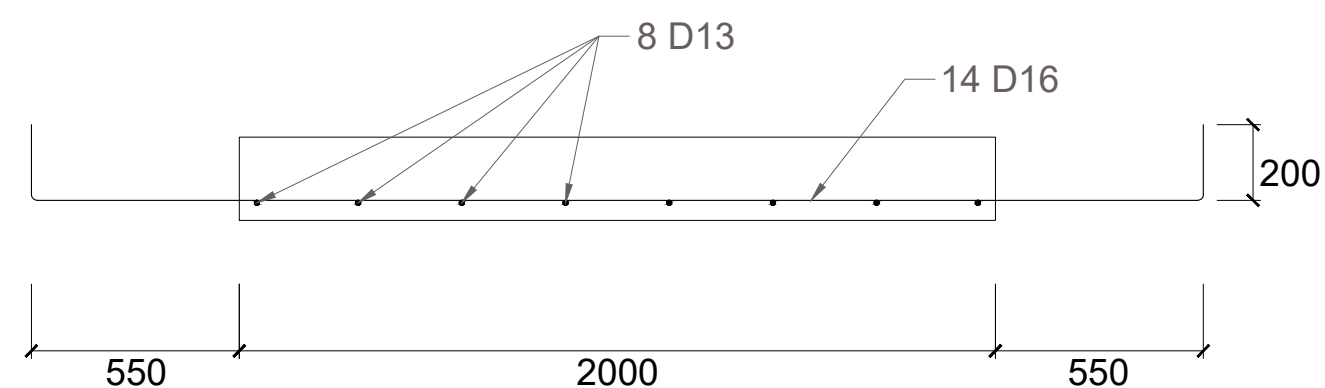
DETAIL 1

SKALA 1:10



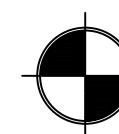
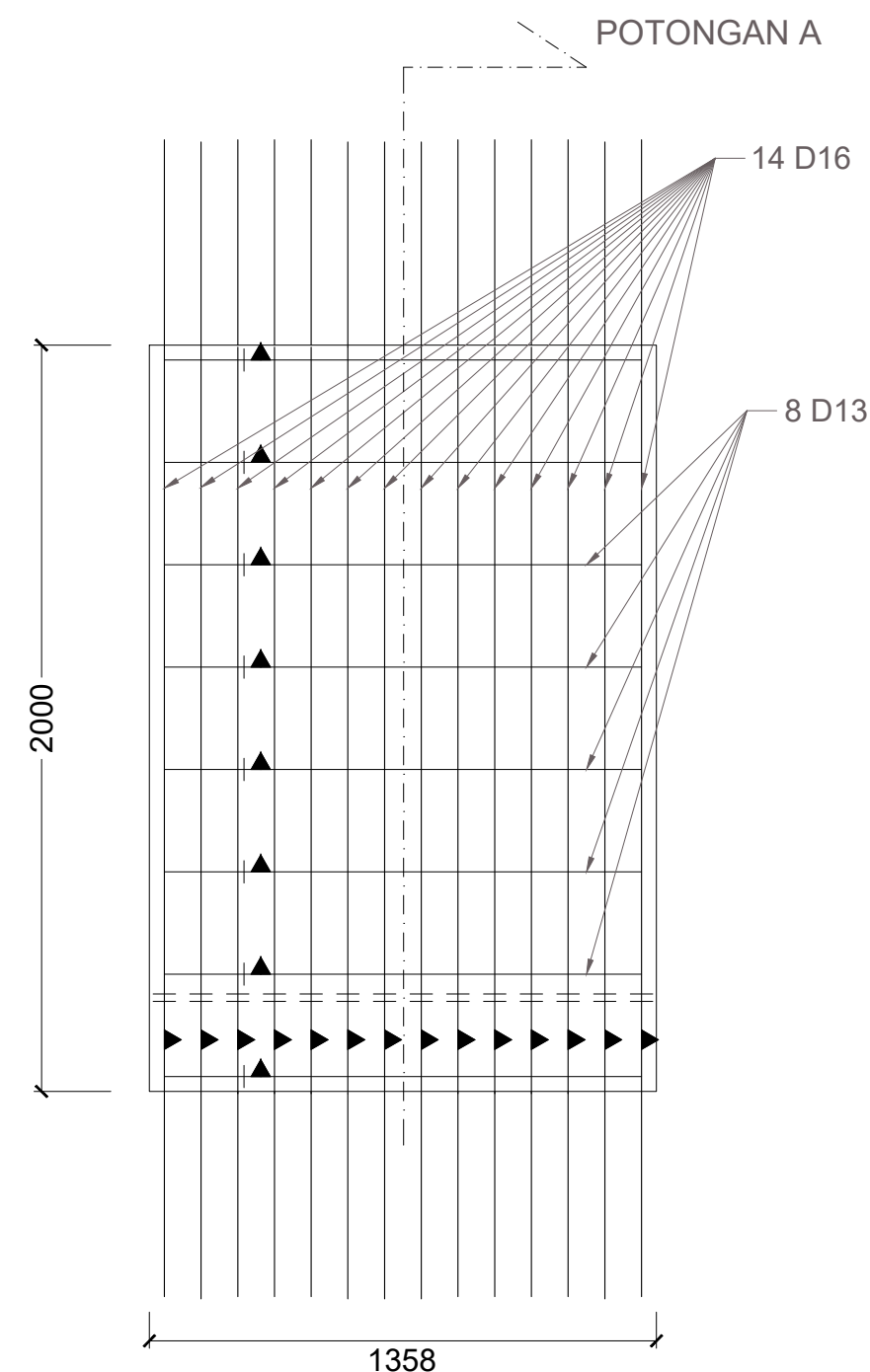
DETAIL 2

SKALA 1:10



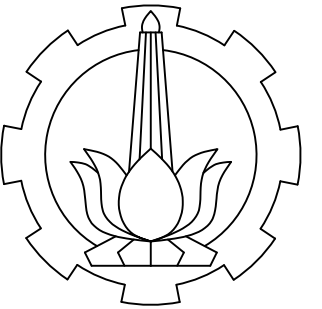
POTONGAN A

SKALA 1:20



RENCANA PRECAST

SKALA 1:20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST TEPI	1:75

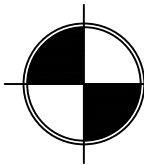
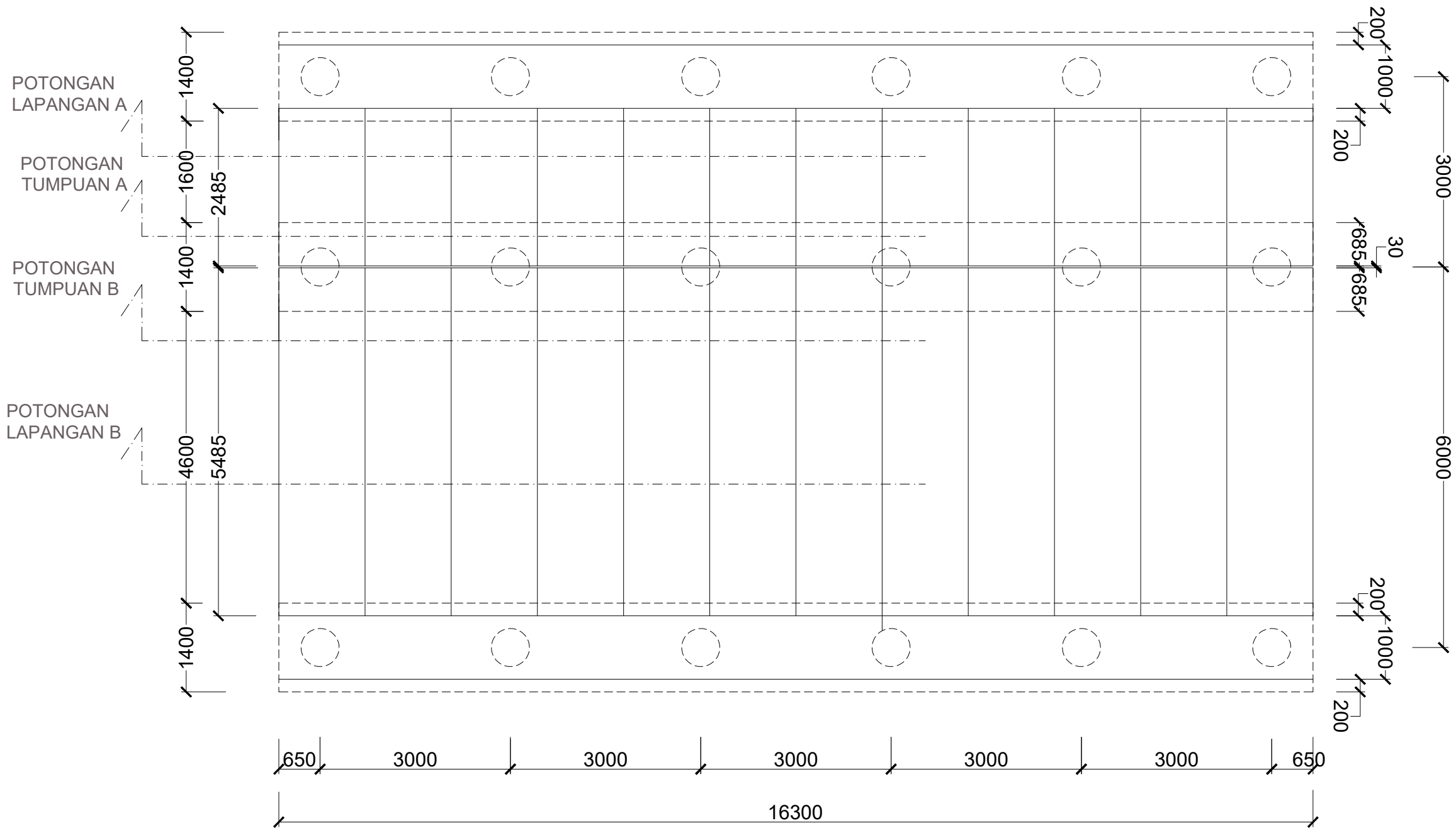
DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

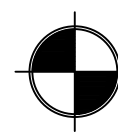
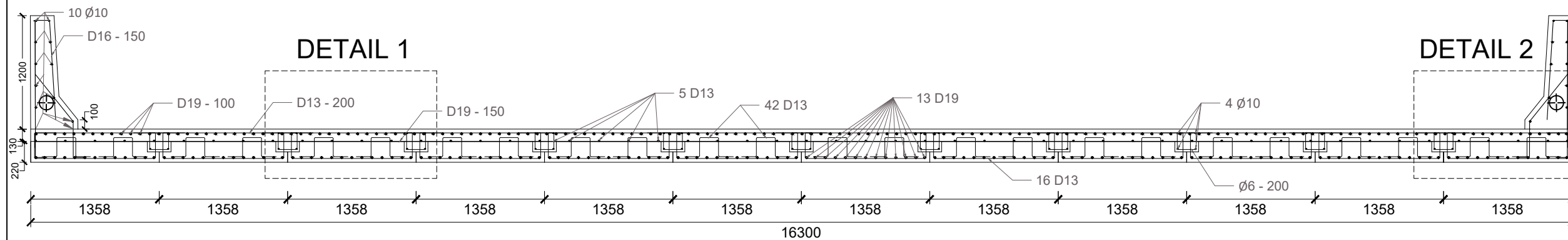
MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

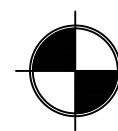
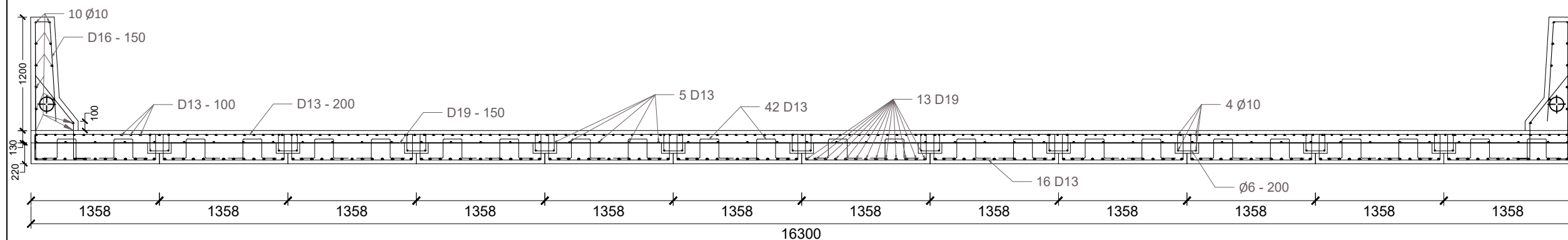
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	II	38



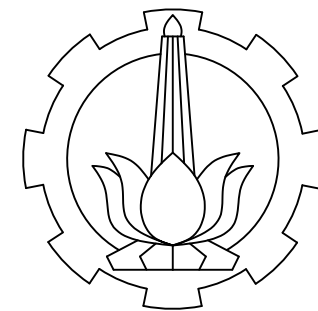
DETAIL DENAH HALF SLAB PRECAST TEPI  
SKALA 1:75



**POTONGAN MELINTANG TUMPUAN PRECAST L = 5,458 M**  
SKALA 1:50



**POTONGAN MELINTANG LAPANGAN PRECAST L = 5,485 M**  
SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI


#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR

#### SKALA

POTONGAN  
TUMPUAN &  
LAPANGAN  
HALF SLAB  
PRECAST  
L = 5,458 M

1:50

#### DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

#### KODE GAMBAR

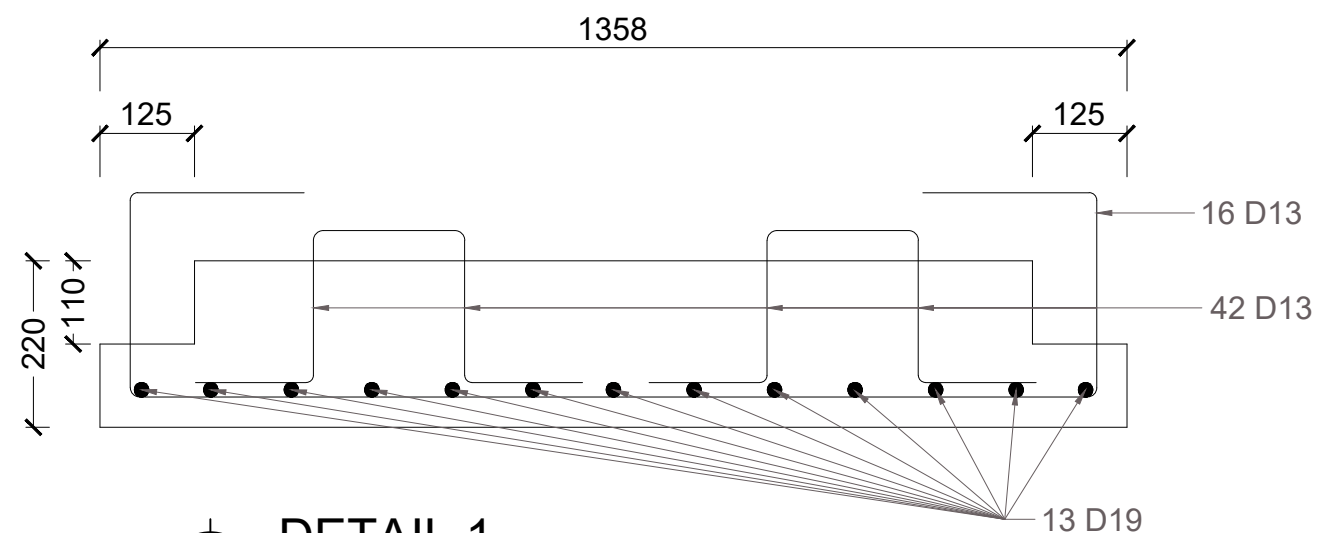
#### NO GBR

#### JML GBR

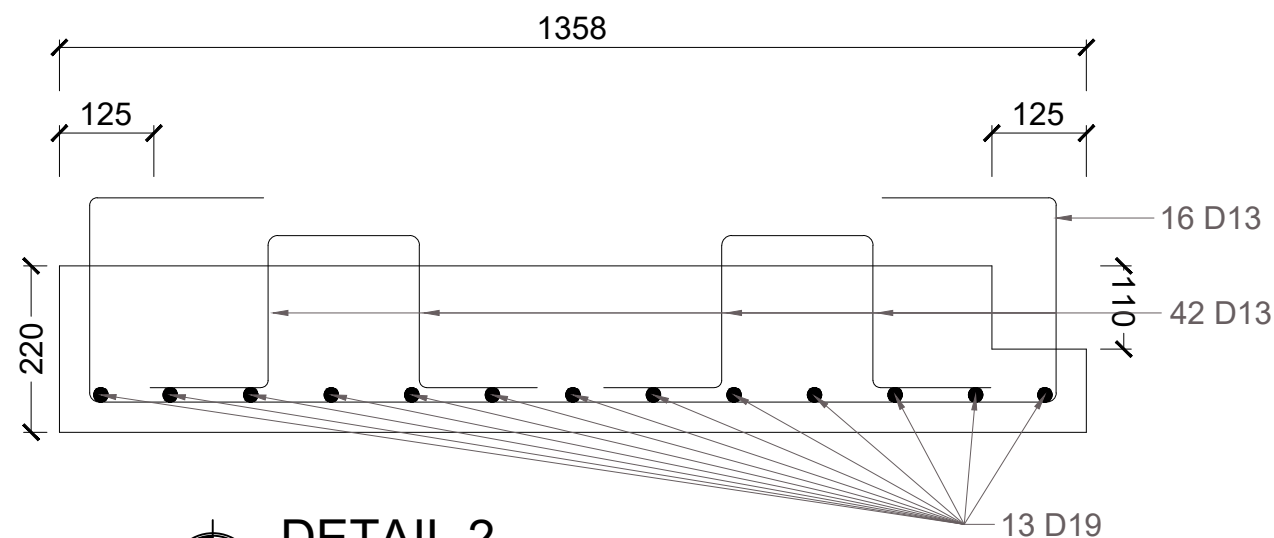
STR

12

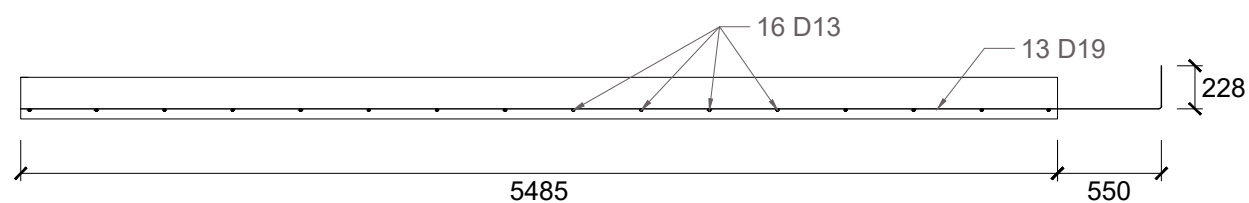
38



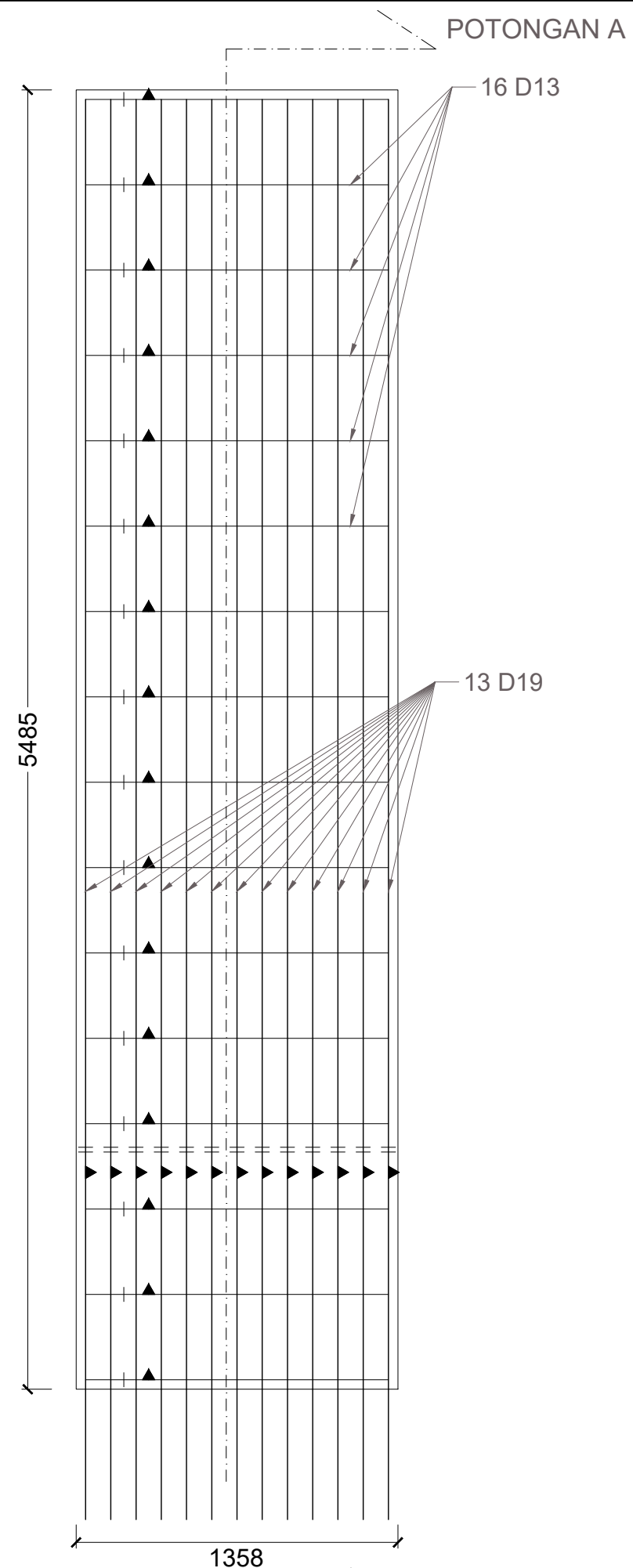
**DETAIL 1**  
SKALA 1:10



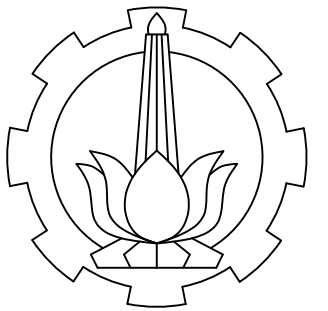
**DETAIL 2**  
SKALA 1:10



**POTONGAN A**  
SKALA 1:40



**RENCANA PRECAST**  
SKALA 1:25



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**REVISI**


**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

**JUDUL GAMBAR** **SKALA**

DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L = 5,485 M	1:25
DETAIL 1 & 2	1:10
POTONGAN A	1:40

**DOSEN PEMBIMBING**

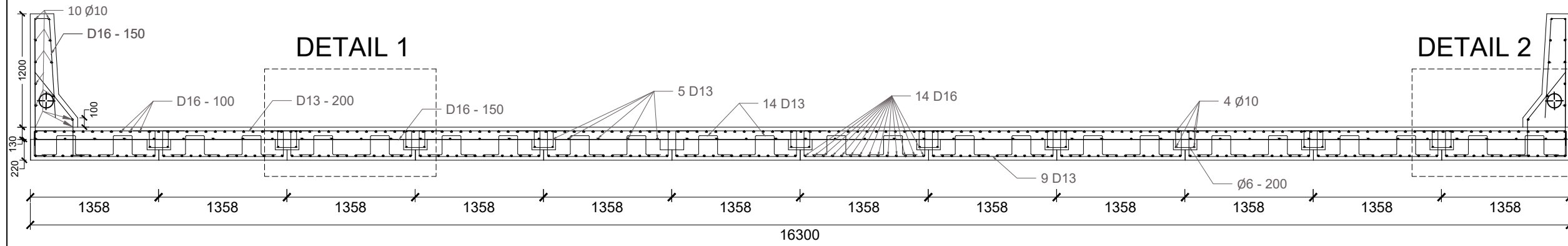
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

**MAHASISWA**

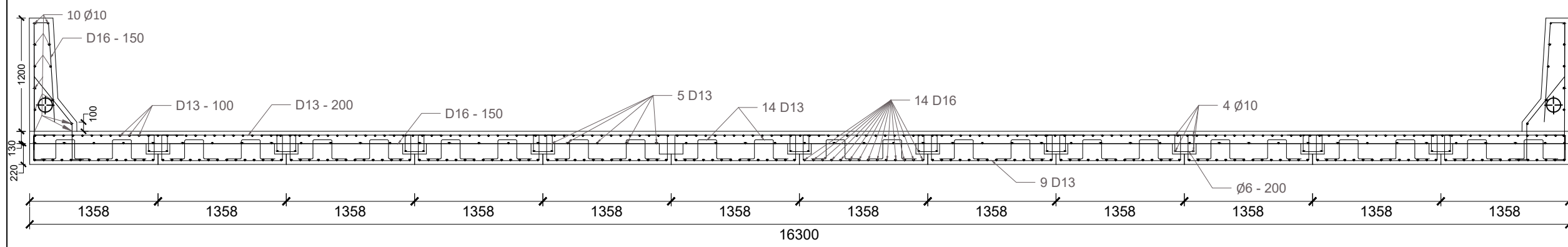
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

**KODE GAMBAR** **NO GBR** **JML GBR**

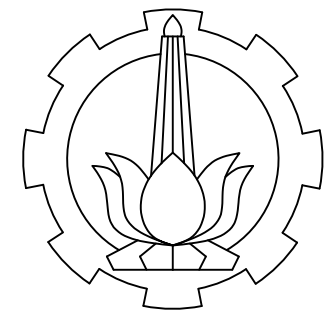
STR	13	38
-----	----	----



 **POTONGAN MELINTANG TUMPUAN PRECAST L = 2,458 M**  
SKALA 1:50



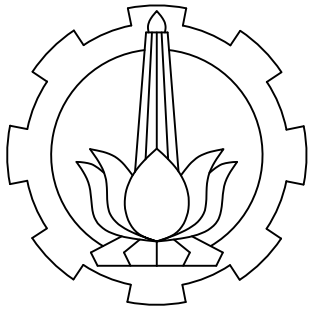
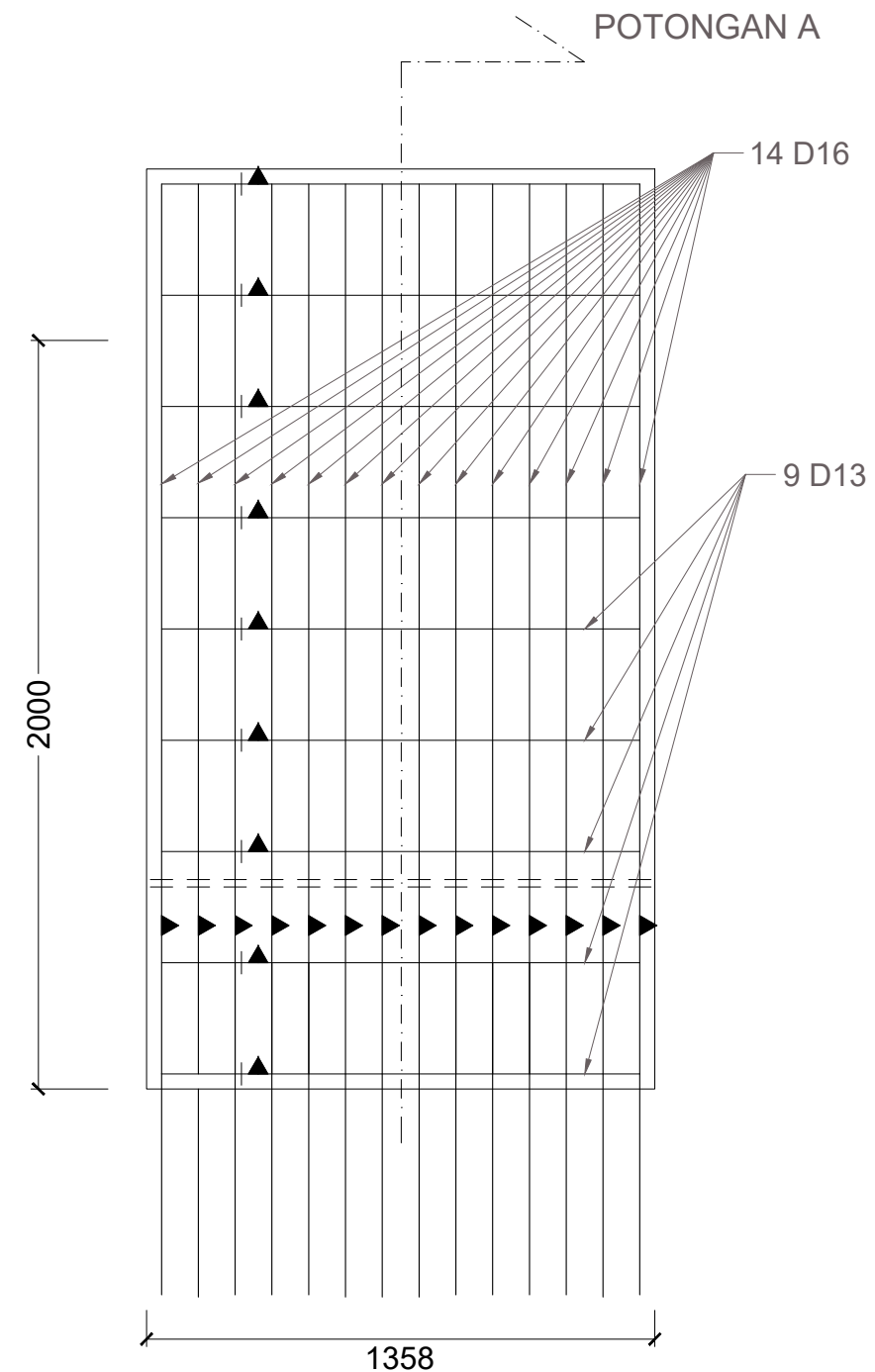
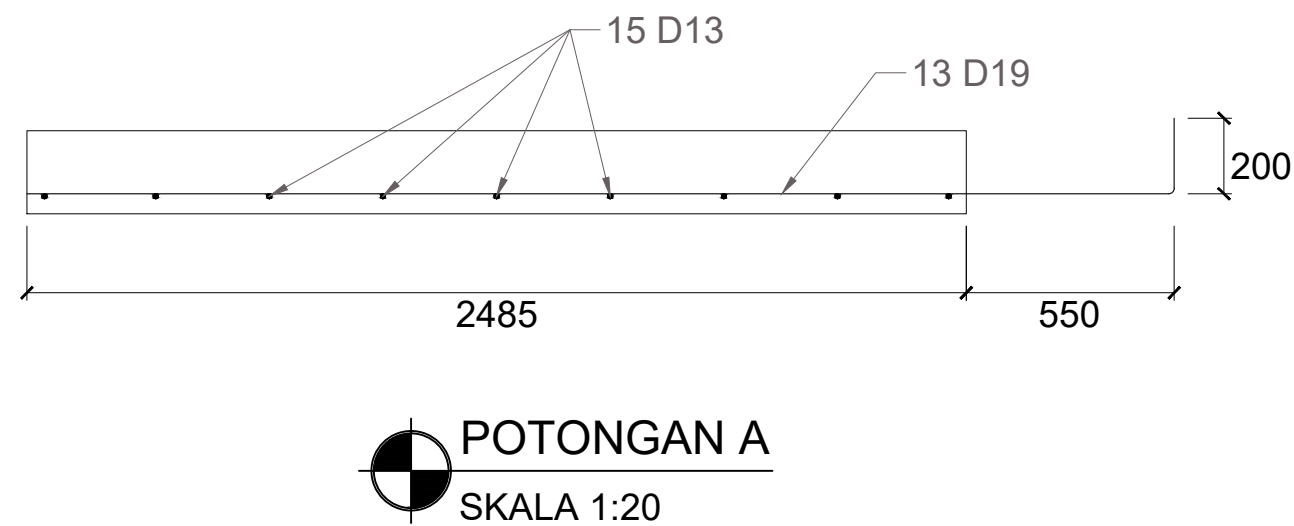
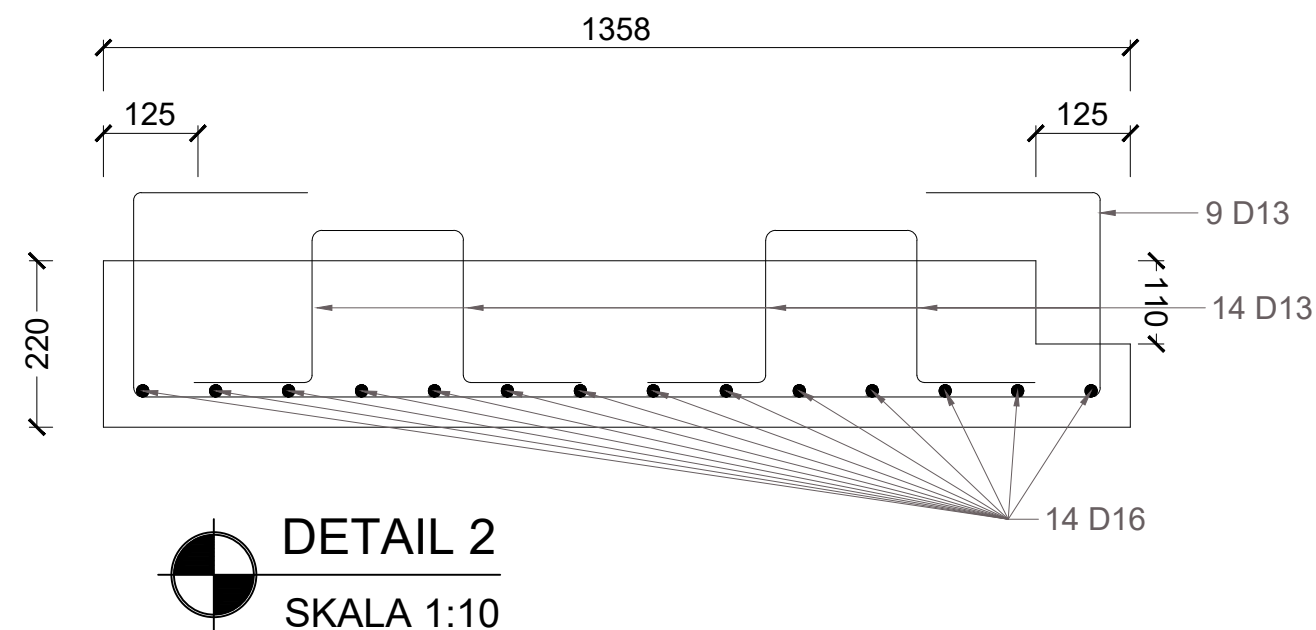
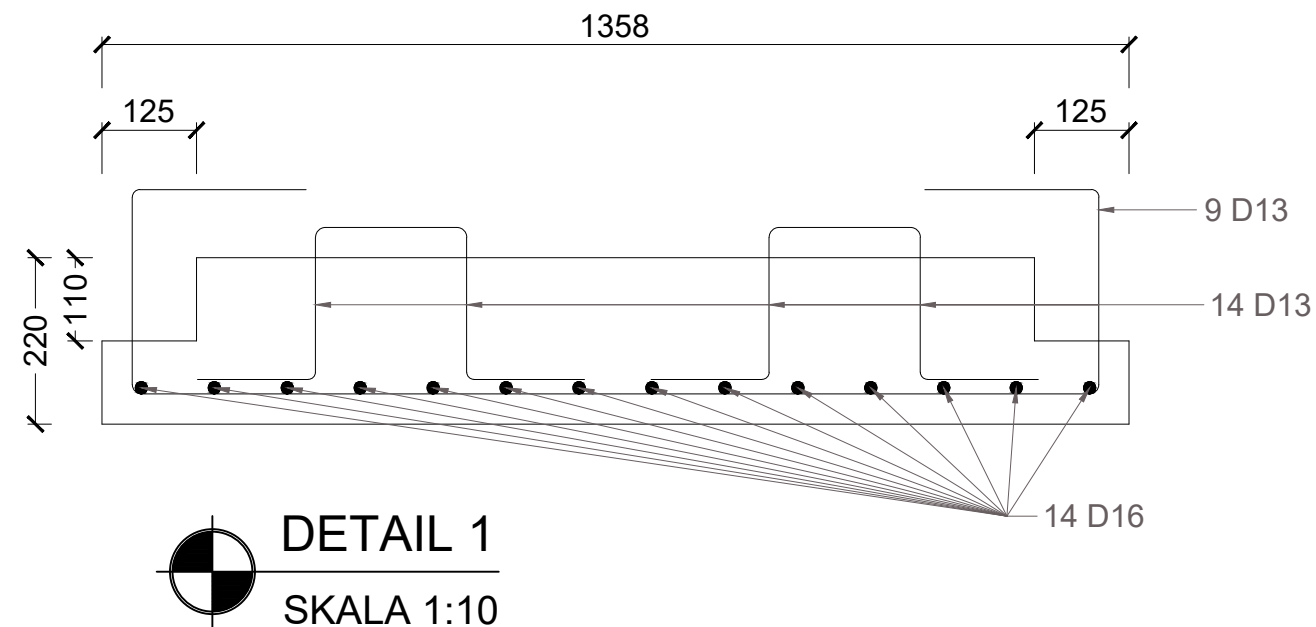
 **POTONGAN MELINTANG LAPANGAN PRECAST L = 2,458 M**  
SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
POTONGAN TUMPUAN & LAPANGAN HALF SLAB PRECAST L = 2,458 M	1:50	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	14	38





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI	

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL RENCANA TULANGAN HALF SLAB PRECAST L = 2,485 M	1:20
DETAIL 1 & 2	1:10
POTONGAN A	1:20

**DOSEN PEMBIMBING**

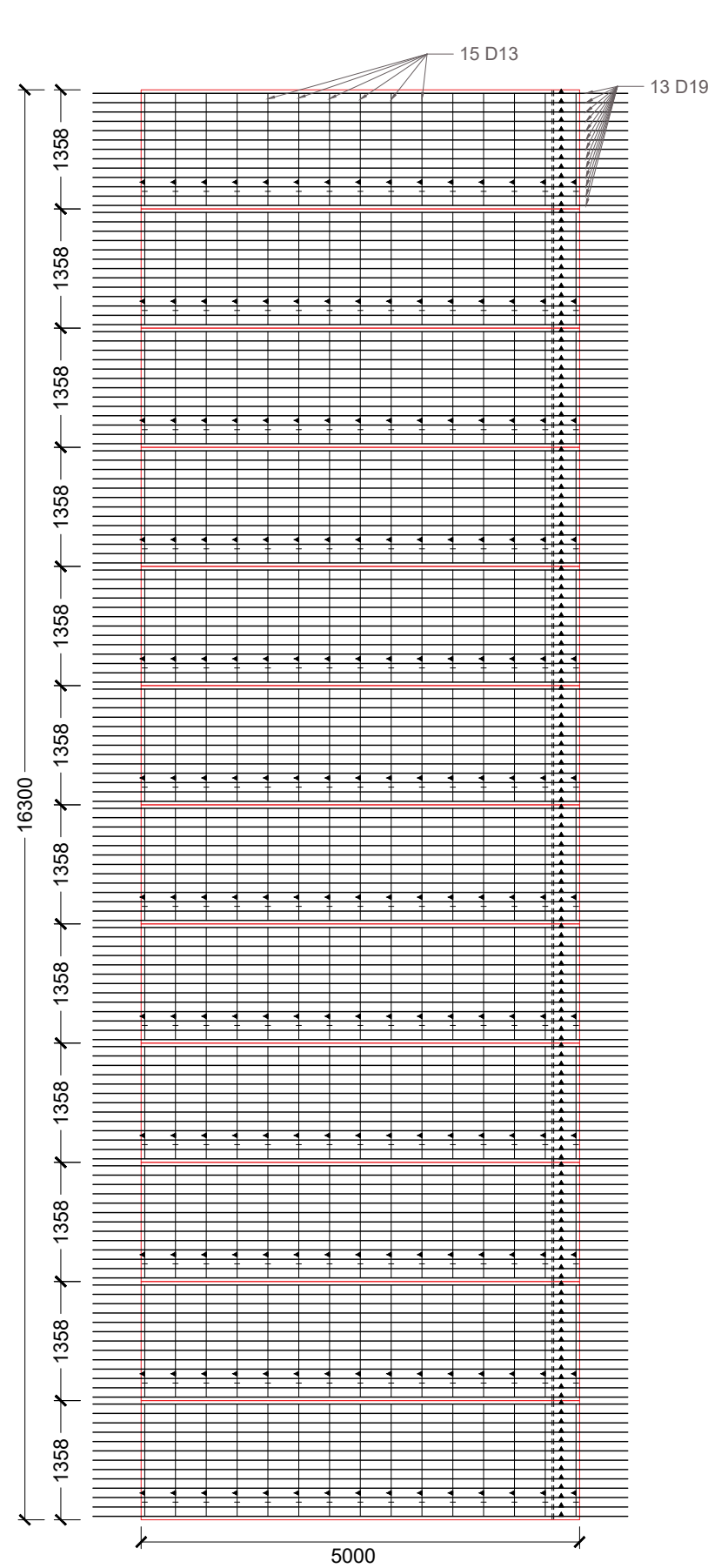
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

**MAHASISWA**

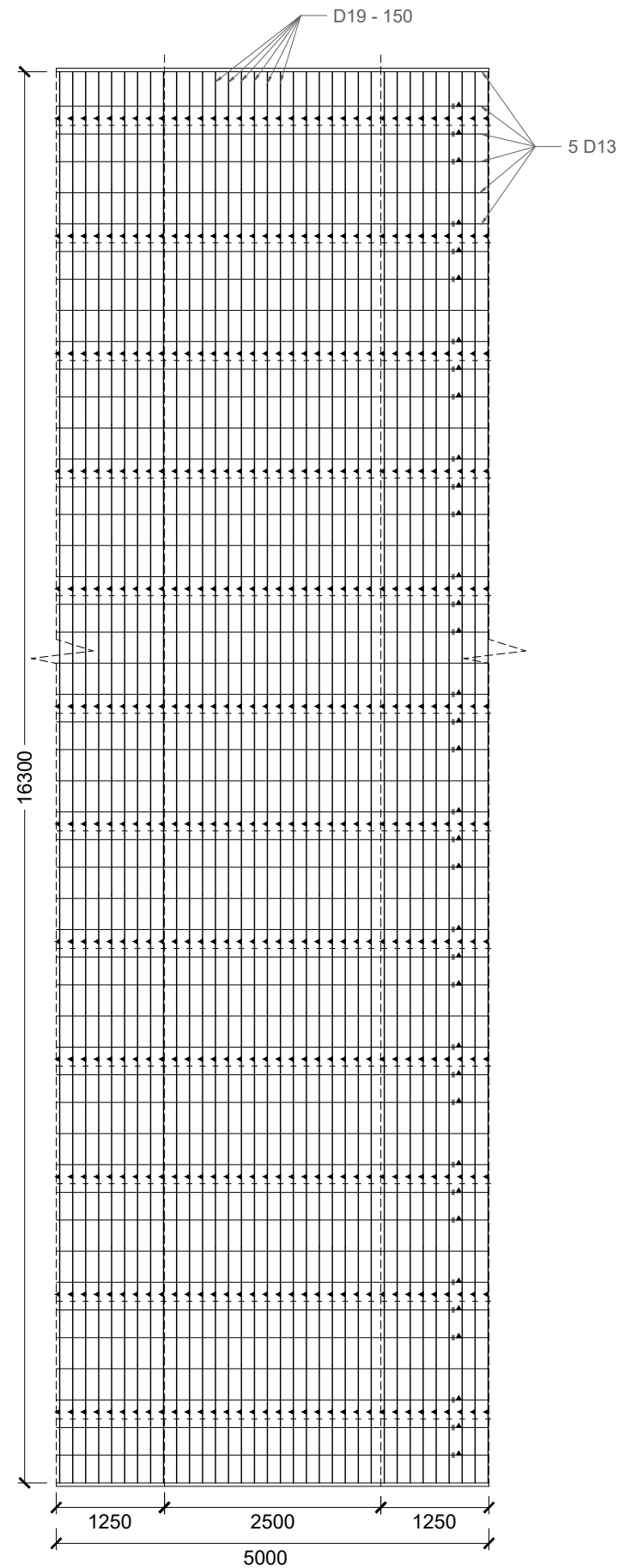
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	15	38

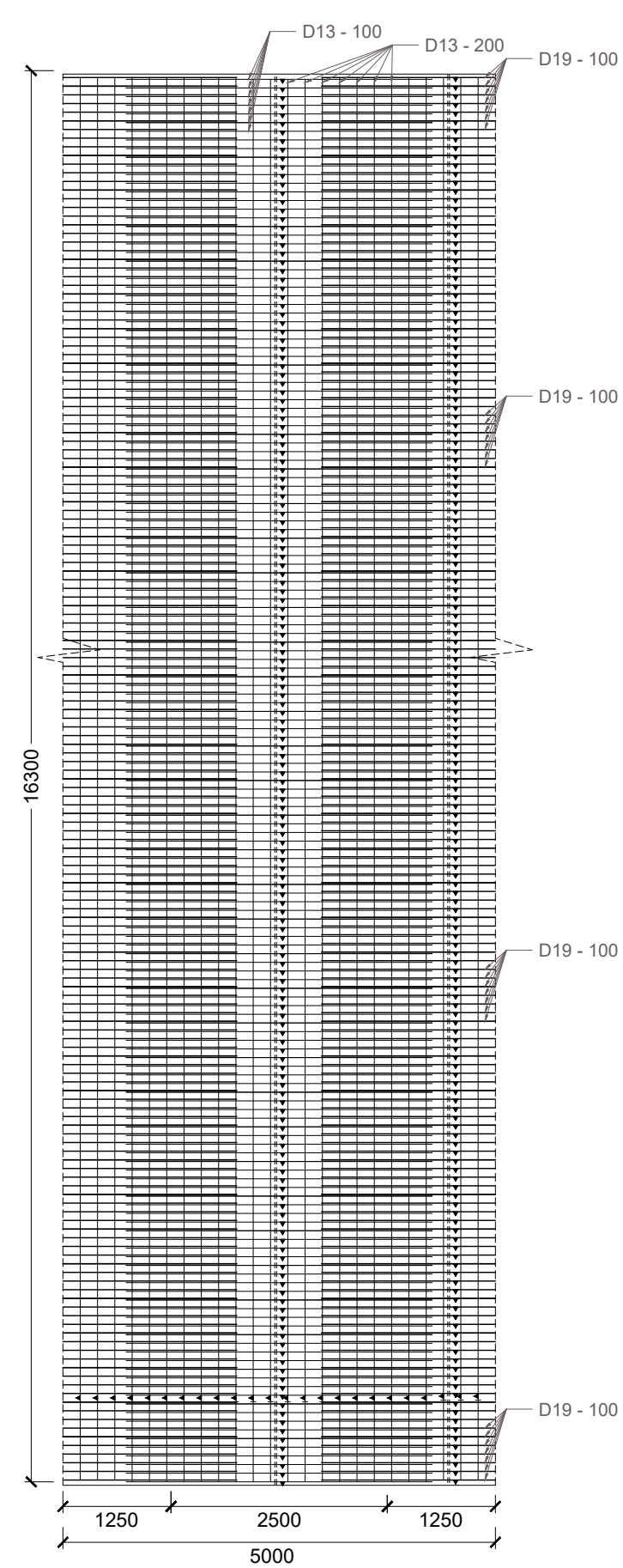




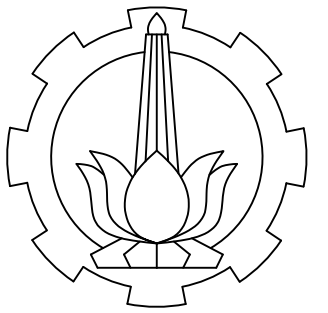
PRECAST L = 5 m (elevasi -0.35)  
SKALA 1:75



PRECAST L = 5 m (elevasi -0.13)  
SKALA 1:75



PRECAST L = 5 m (elevasi ± 0.00)  
SKALA 1:75



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## REVISI

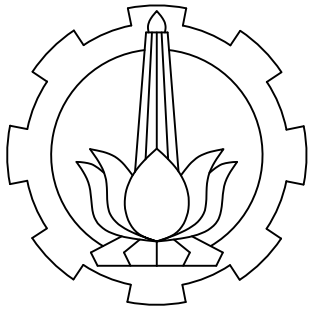
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L = 5 M	1:75

DOSEN PEMBIMBING  
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA  
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	16	38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI


JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L = 5,458 M	1:75

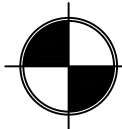
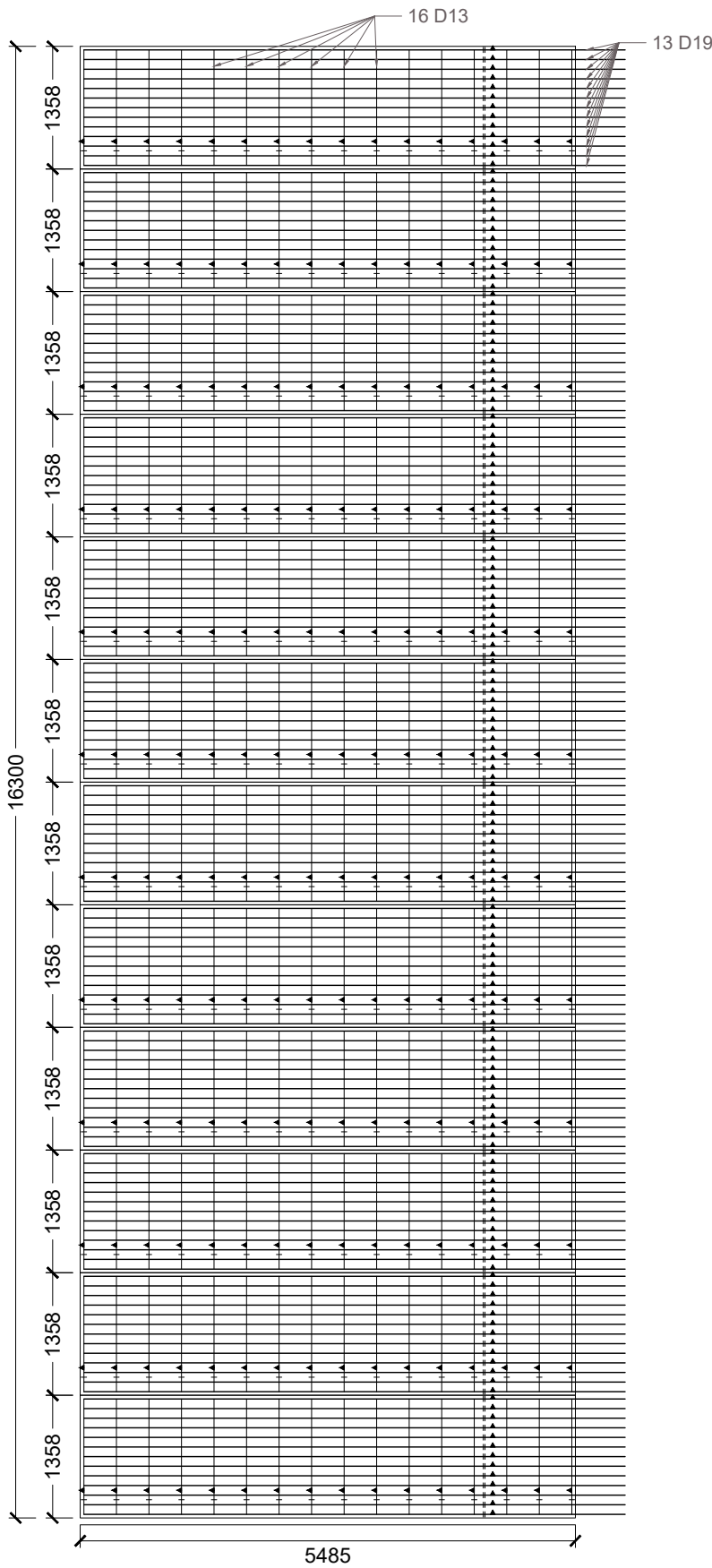
DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

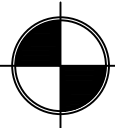
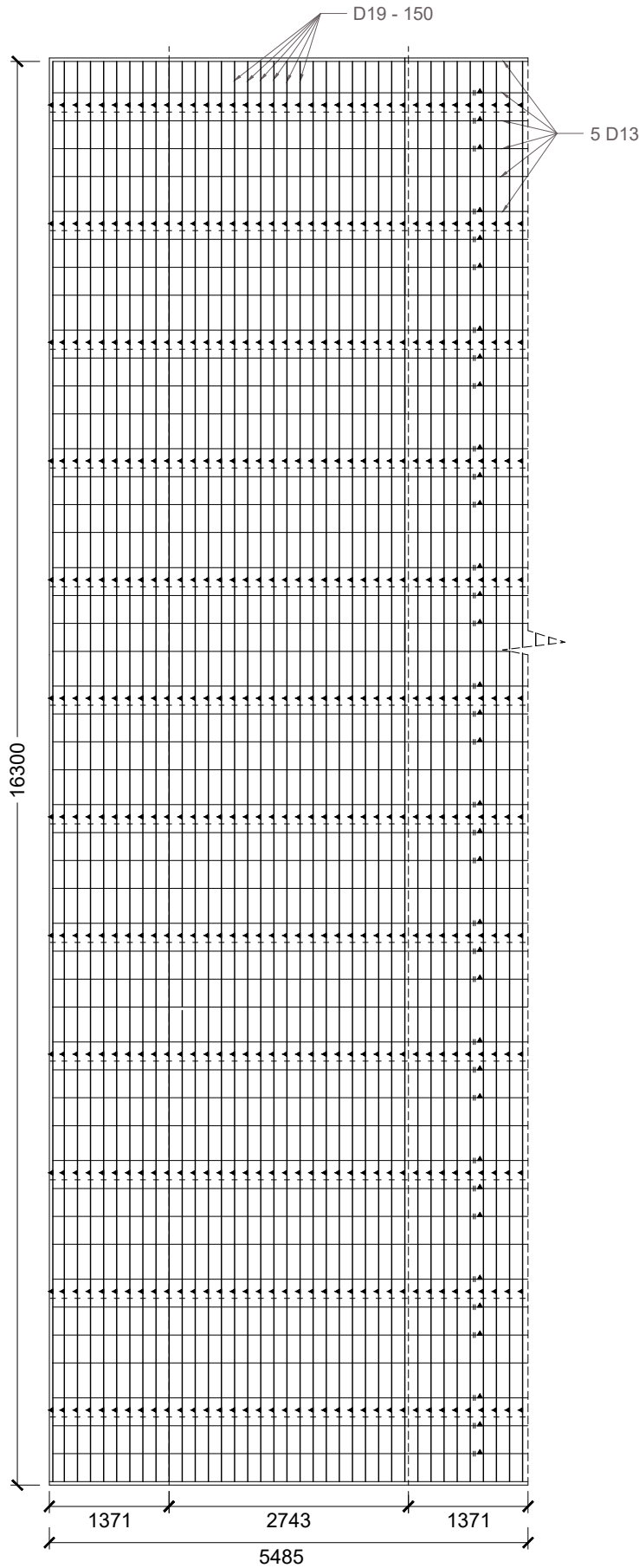
MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

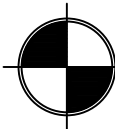
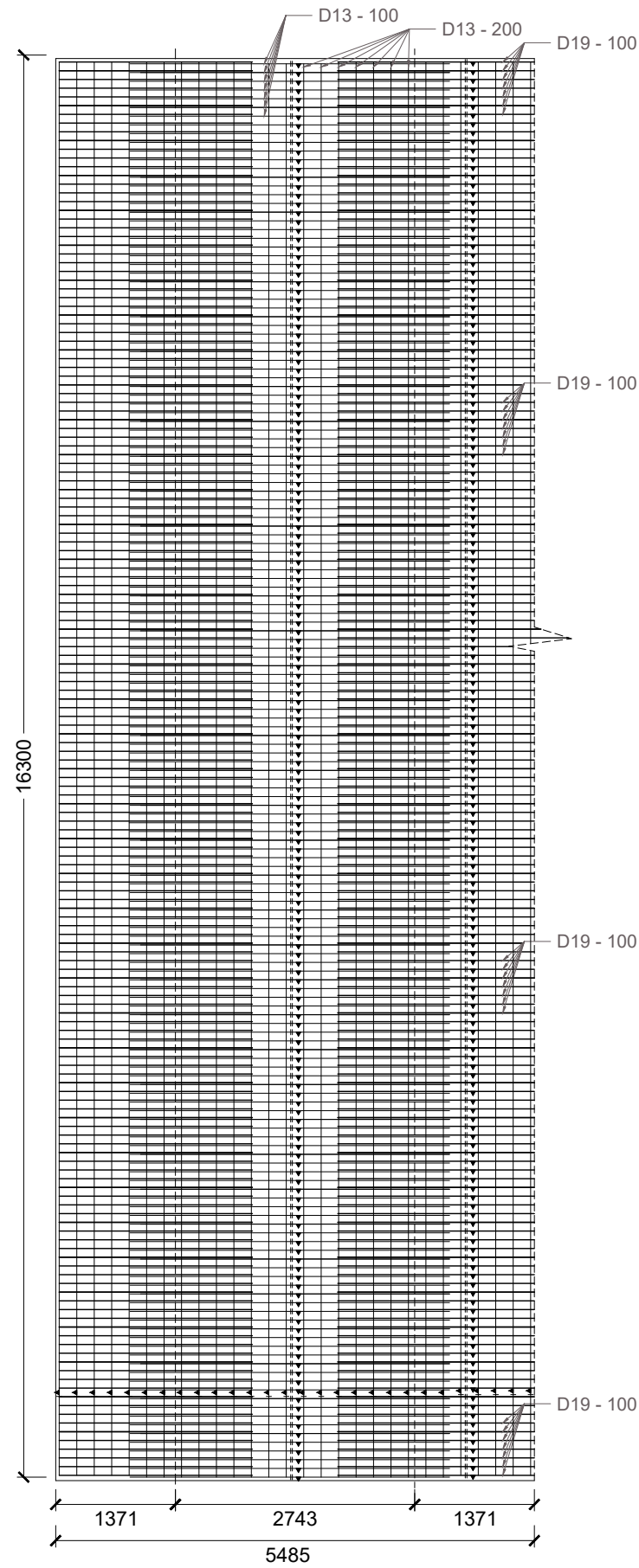
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	17	38



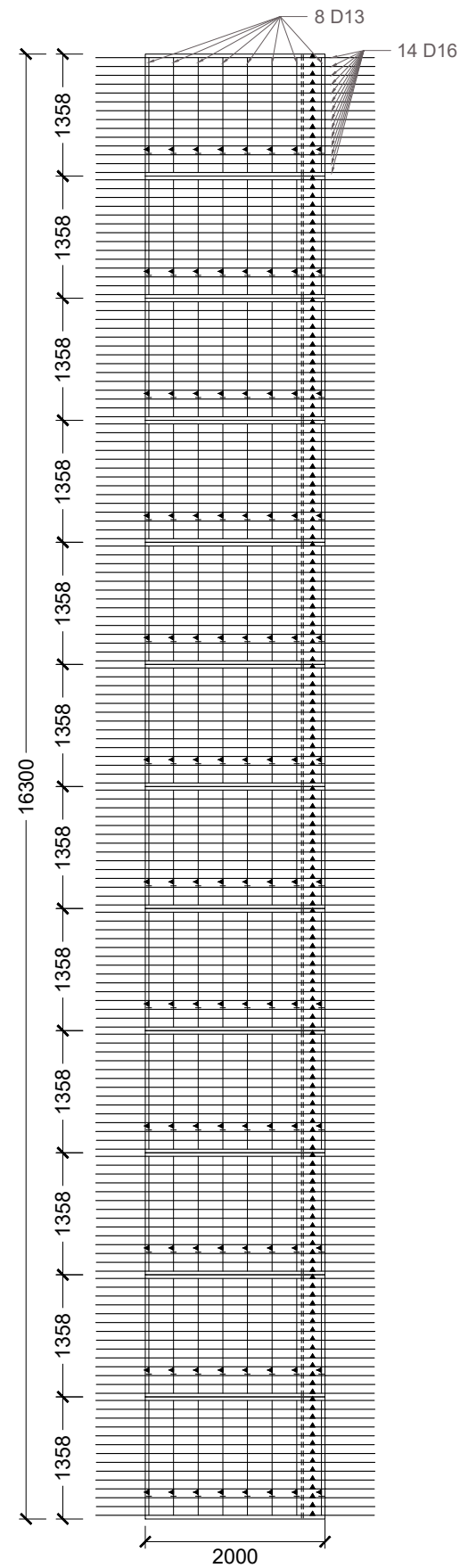
PRECAST L = 5,485 m (elevasi -0.35)  
SKALA 1:75

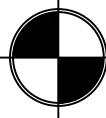


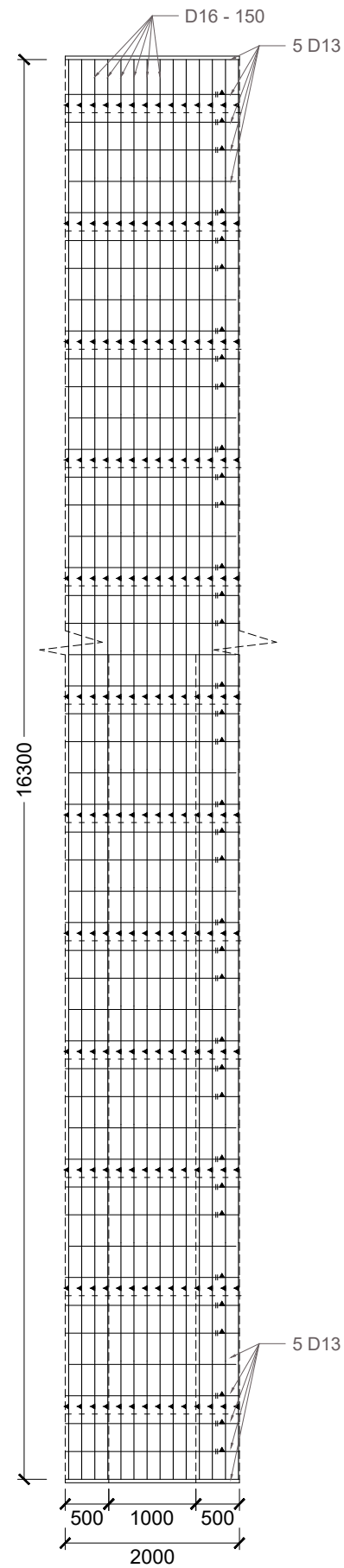
PRECAST L = 5,458 m (elevasi -0.13)  
SKALA 1:75

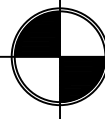


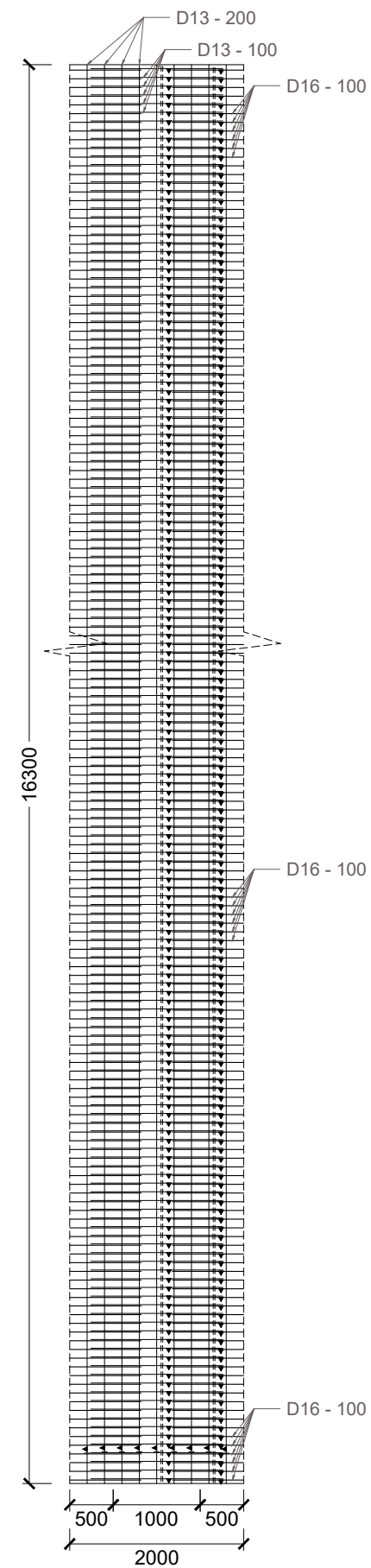
PRECAST L = 5,458 m (elevasi ± 0.00)  
SKALA 1:75

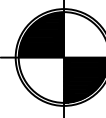


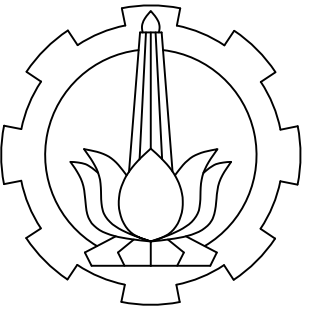
 PRECAST L = 2 m (elevasi -0.35)  
SKALA 1:75



 PRECAST L = 2 m (elevasi -0.13)  
SKALA 1:75



 PRECAST L = 2 m (elevasi ± 0.00)  
SKALA 1:75



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI


#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR

#### SKALA

TULANGAN SLAB  
PRECAST DAN COR  
INSITU L = 2 M

1:75

#### DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

#### KODE GAMBAR

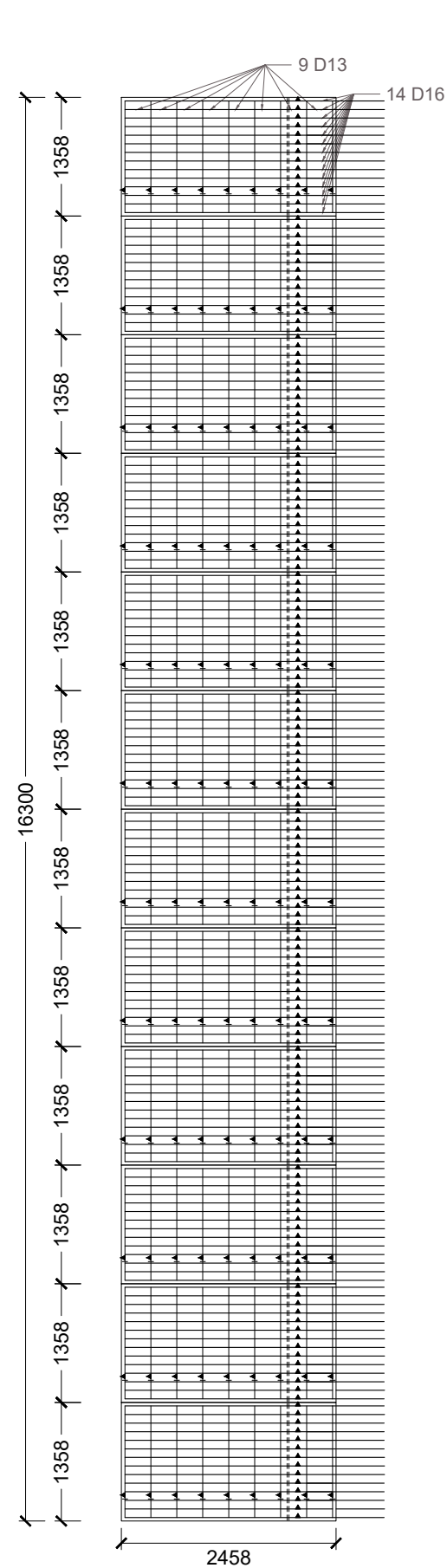
#### NO GBR

#### JML GBR

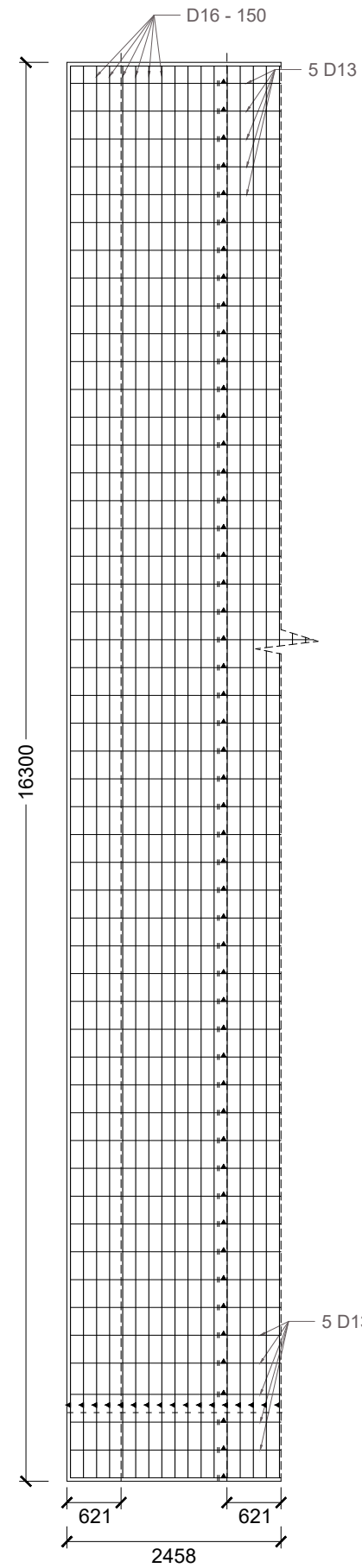
STR

18

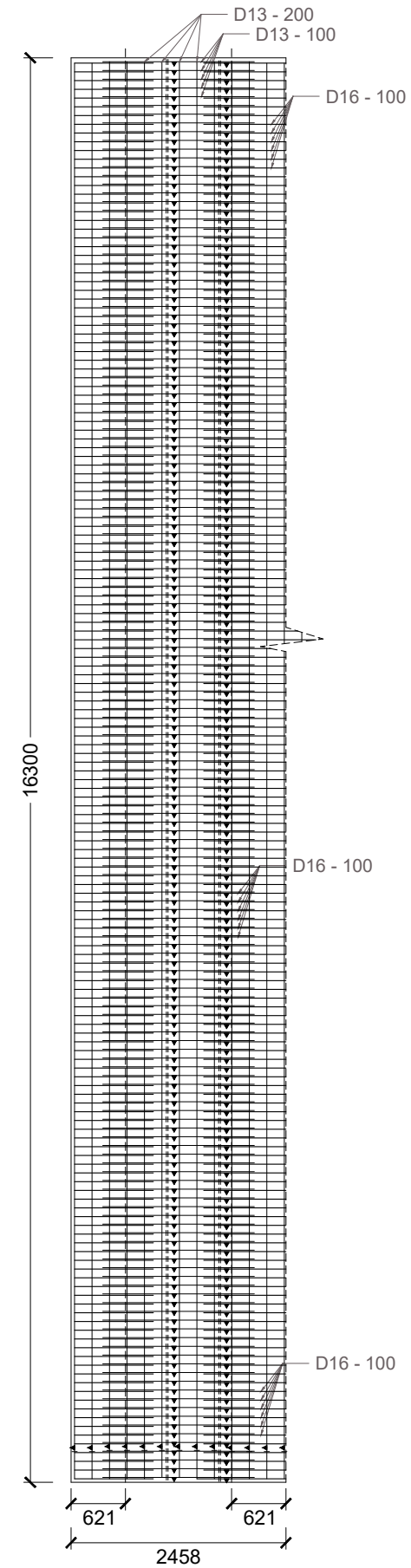
38



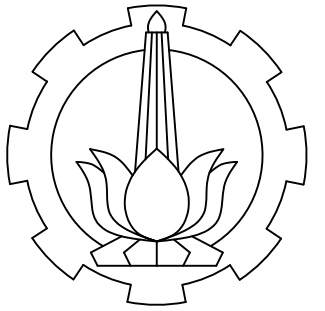
PRECAST L = 2,458 m (elevasi -0.35)  
SKALA 1:75



PRECAST L = 2,485 m (elevasi -0.13)  
SKALA 1:75



PRECAST L = 2,485 m (elevasi ± 0.00)  
SKALA 1:75



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI


#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR SKALA

TULANGAN SLAB PRECAST DAN COR INSITU L = 2,485 M	1:75
--	------

#### DOSEN PEMBIMBING

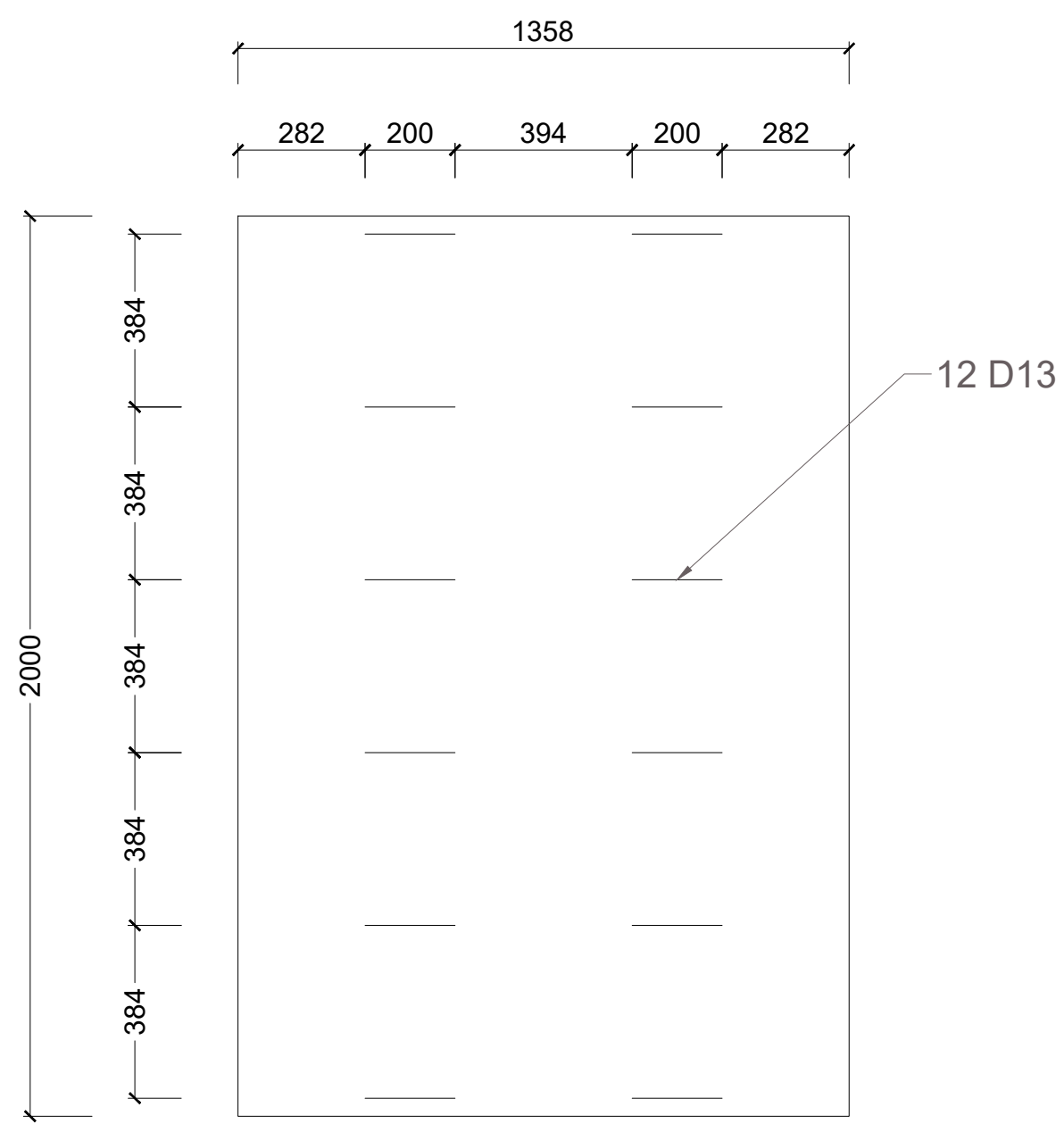
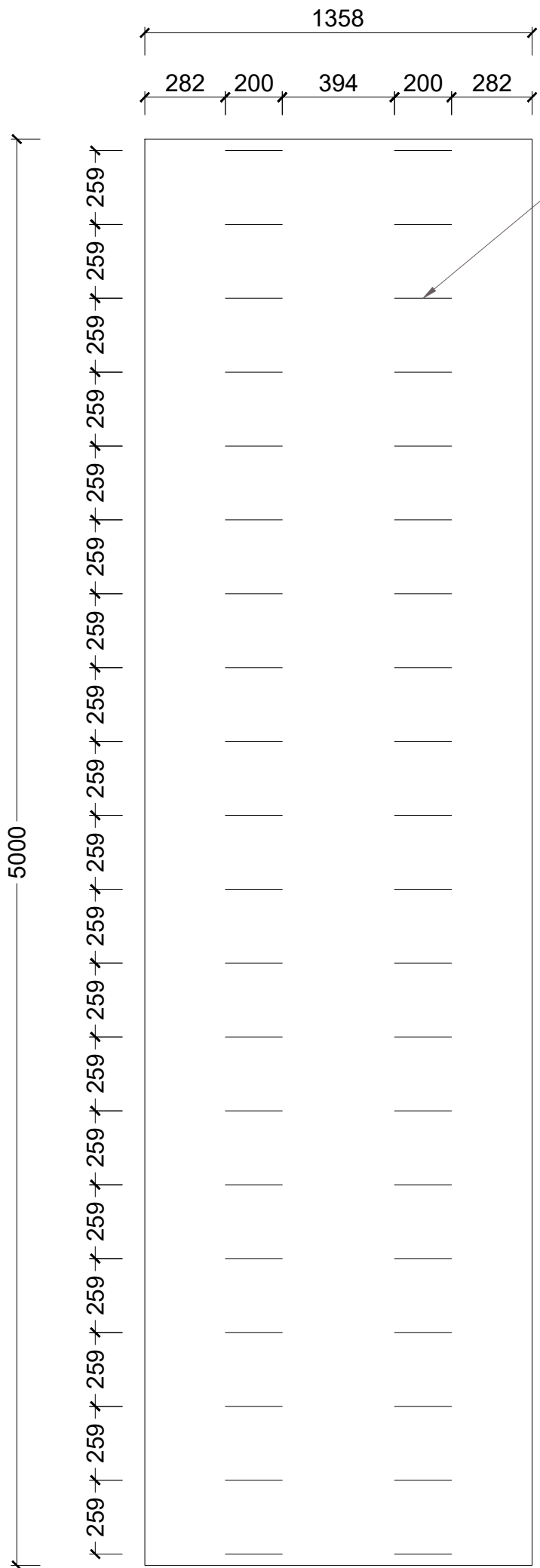
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

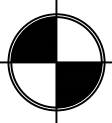
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

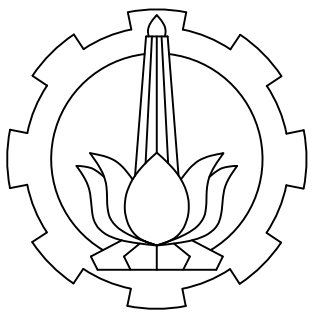
#### KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR	19	38
-----	----	----



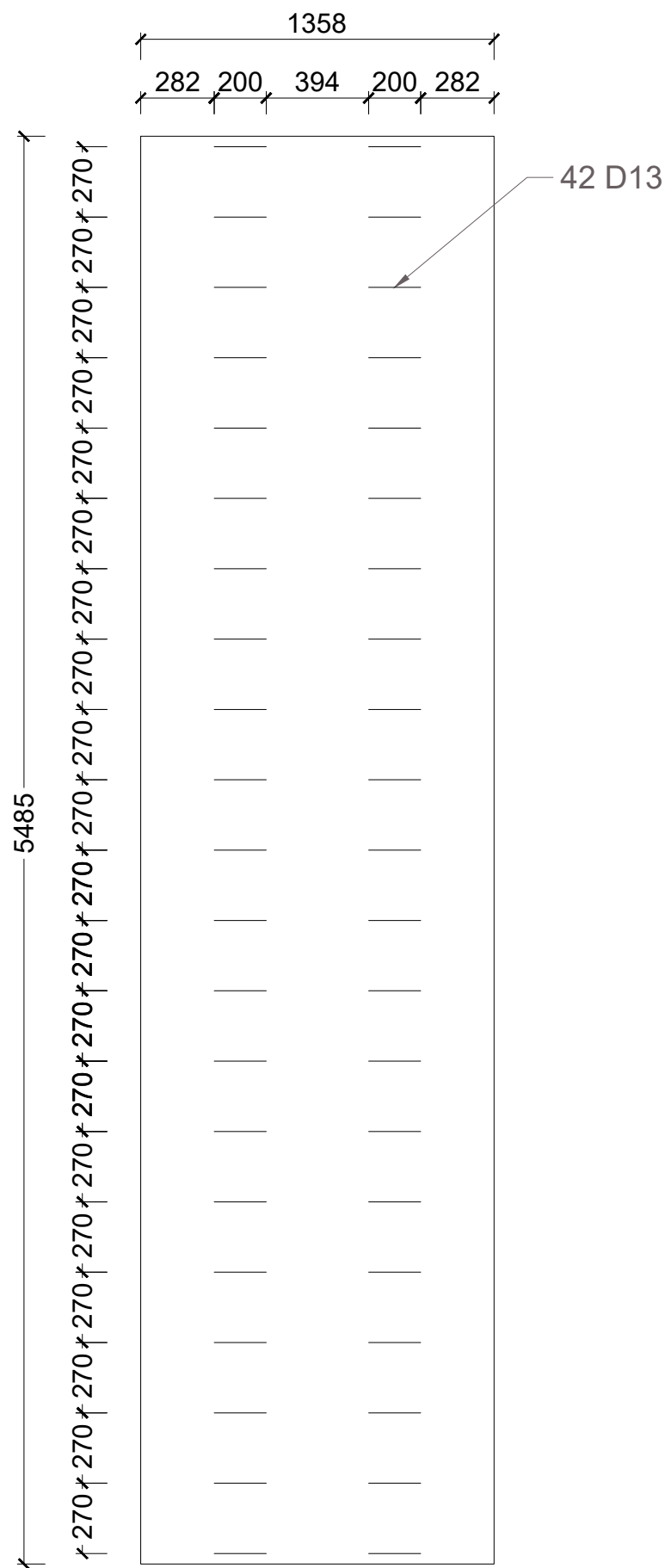
 **DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 2 M**  
SKALA 1:15

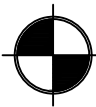
 **DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 5 M**  
SKALA 1:20

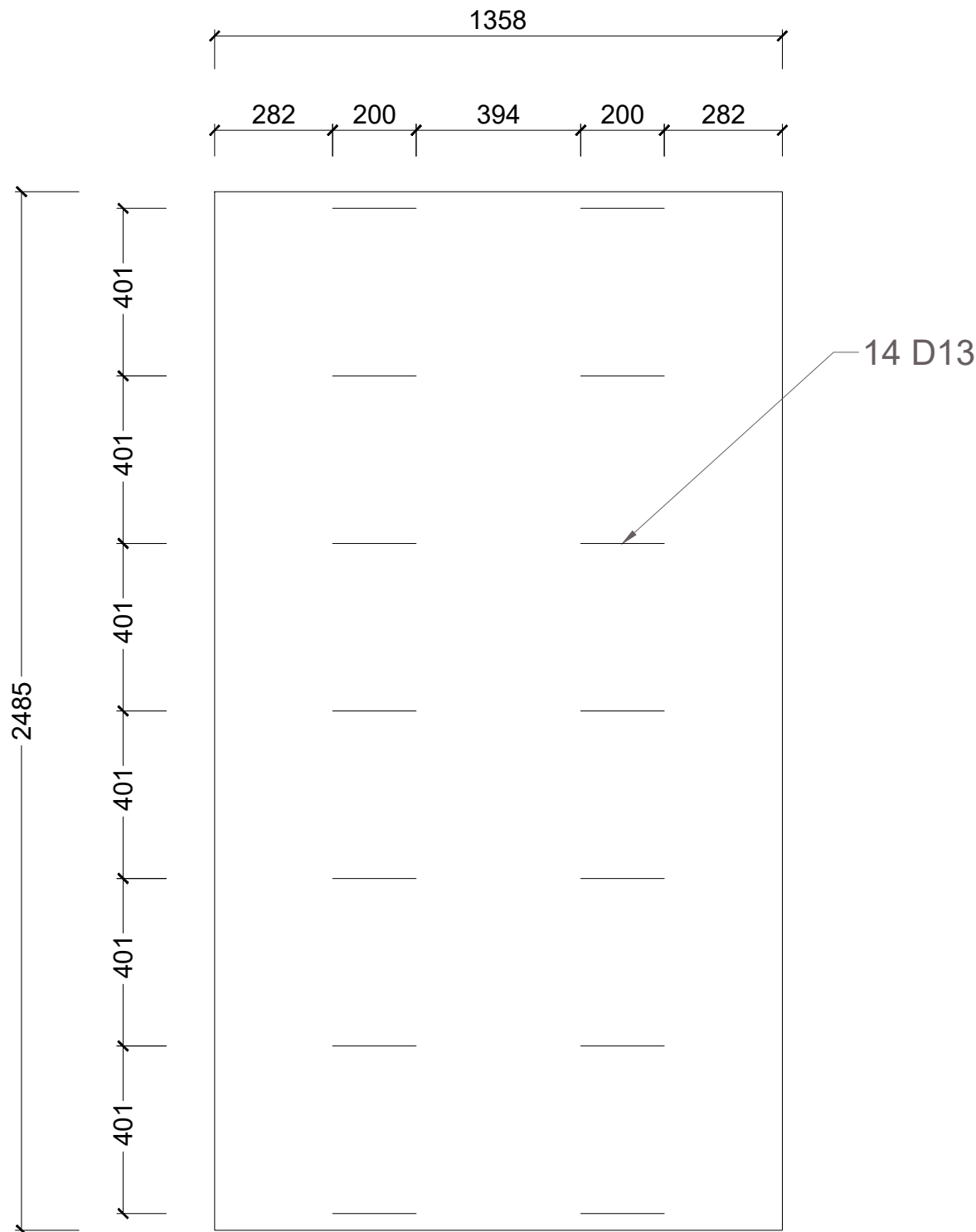


TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

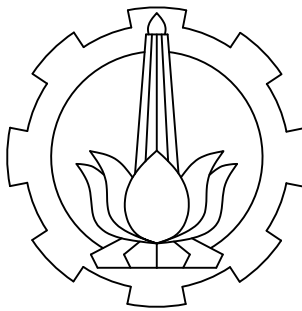
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 5 M	1:20	
DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 2 M	1:15	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	20	38



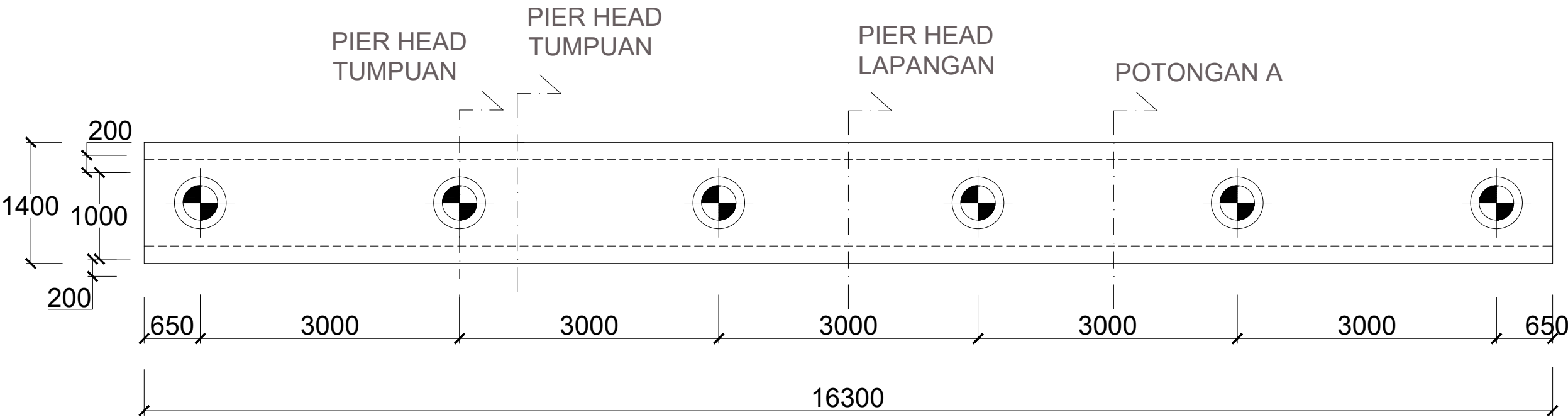
 **DENAH SHEAR CONNECTOR  
PRECAST L = 5,485 M**  
SKALA 1:25



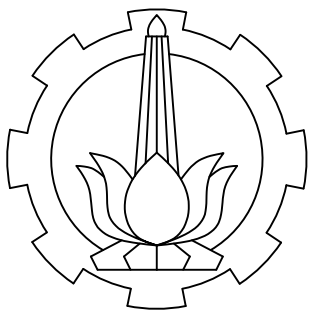
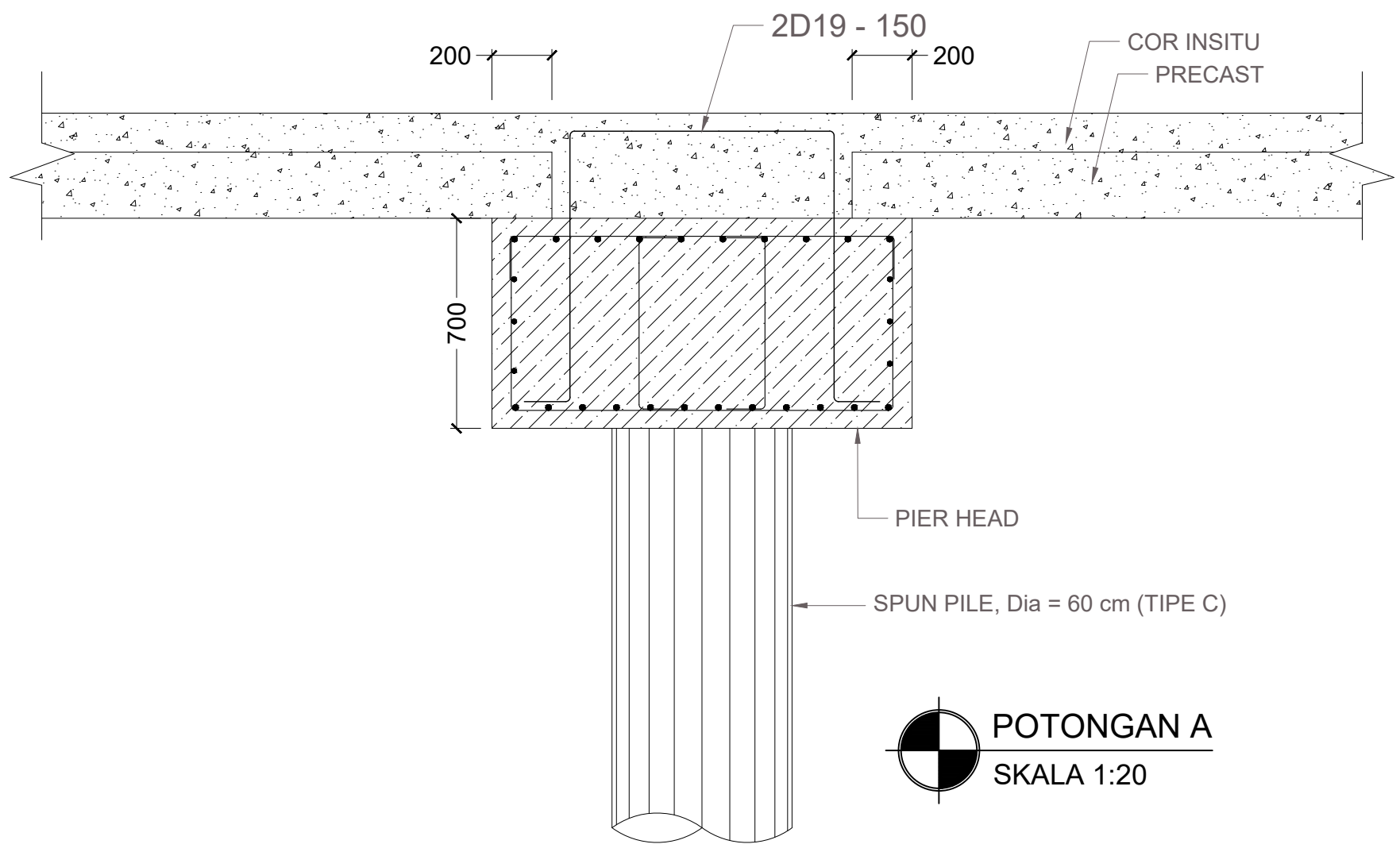
 **DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 2,485 M**  
SKALA 1:15

 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 5,485	1:25	
DENAH SHEAR CONNECTOR PRECAST L = 2,485	1:15	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	21	38





PIER HEAD  
SKALA 1:55



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI	

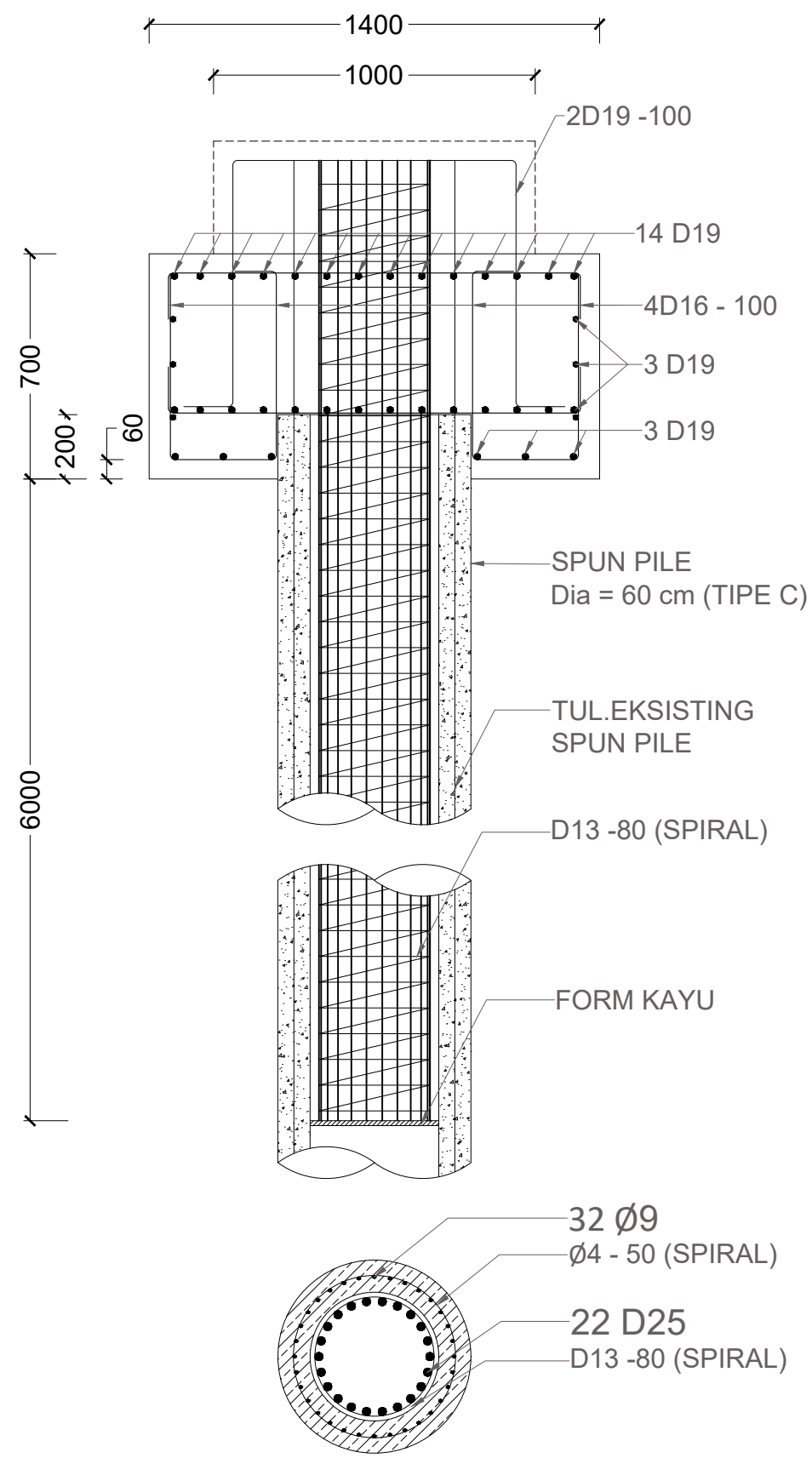
JUDUL TUGAS AKHIR	
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR	

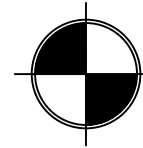
JUDUL GAMBAR	SKALA
PIER HEAD	1:55
POTONGAN A	1:20

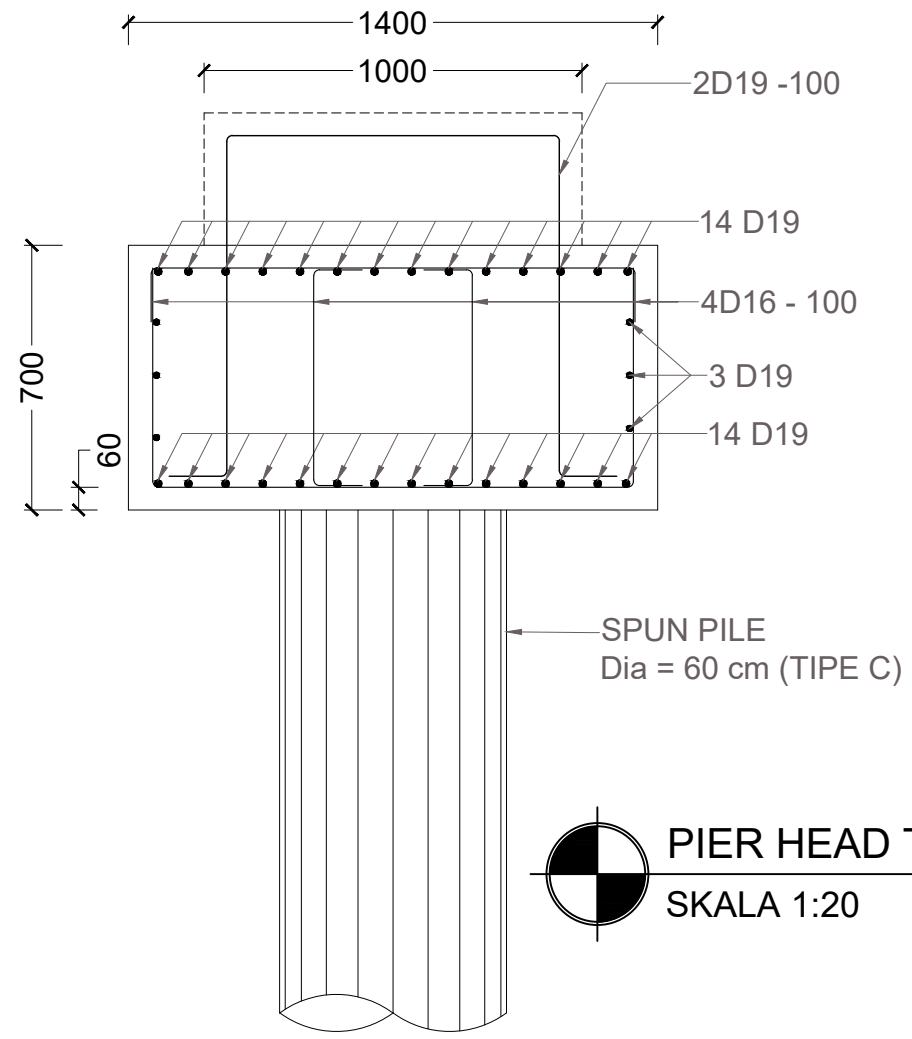
DOSEN PEMBIMBING	
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO	

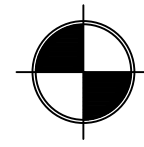
MAHASISWA	
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012	

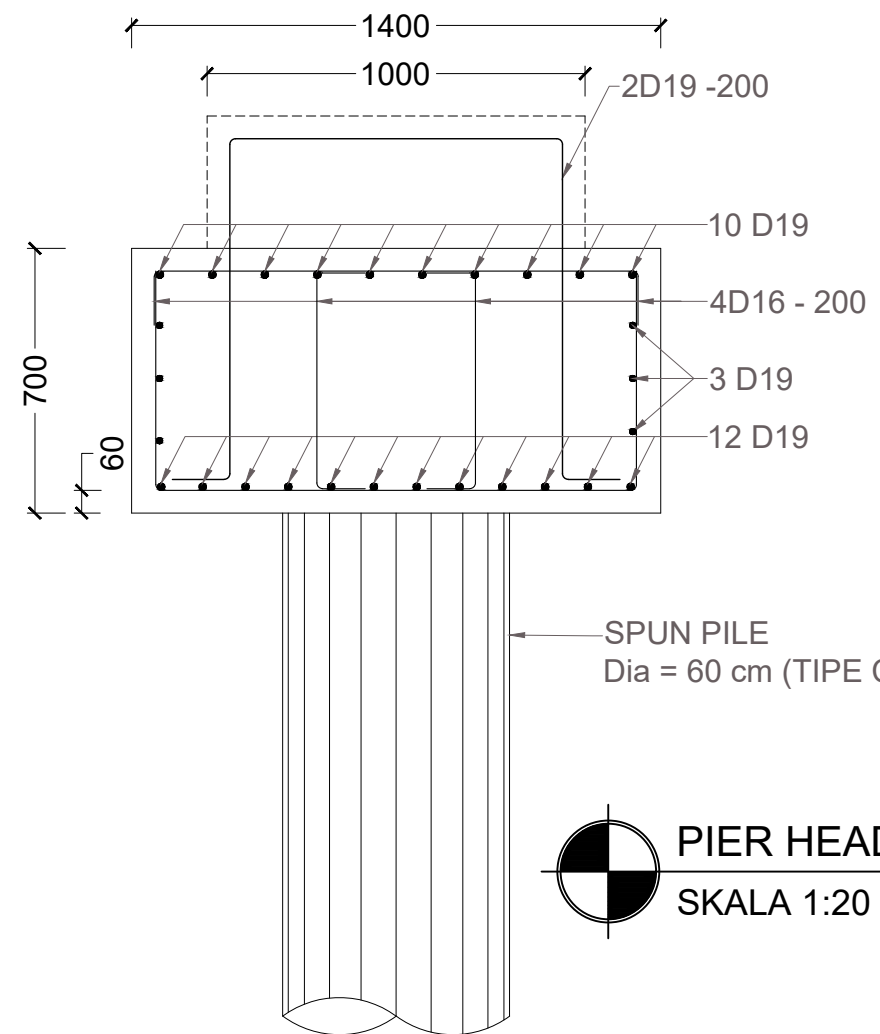
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	22	38

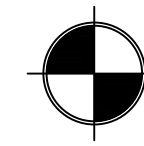


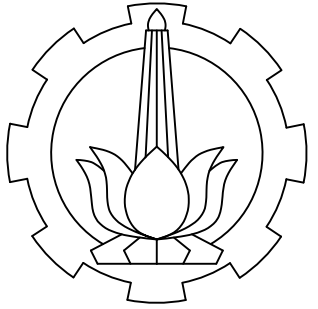
 **PIER HEAD TUMPUAN**  
SKALA 1:20



 **PIER HEAD TUMPUAN**  
SKALA 1:20



 **PIER HEAD LAPANGAN**  
SKALA 1:20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI	

JUDUL TUGAS AKHIR	
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR	

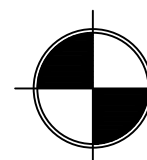
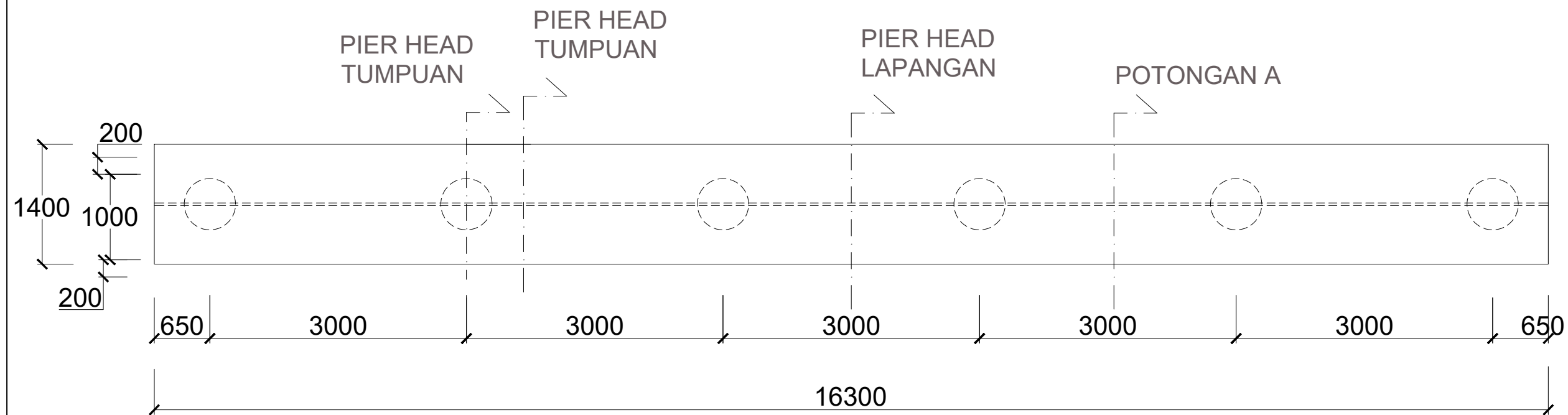
JUDUL GAMBAR	SKALA
PIER HEAD TUMPUAN	1:20
PIER HEAD TUMPUAN	1:20
PIER HEAD LAPANGAN	1:20

DOSEN PEMBIMBING	
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO	

MAHASISWA	
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012	

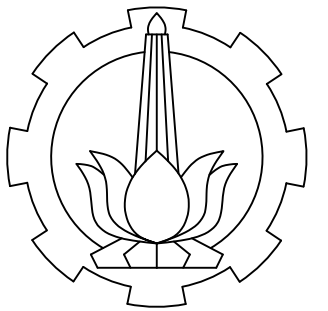
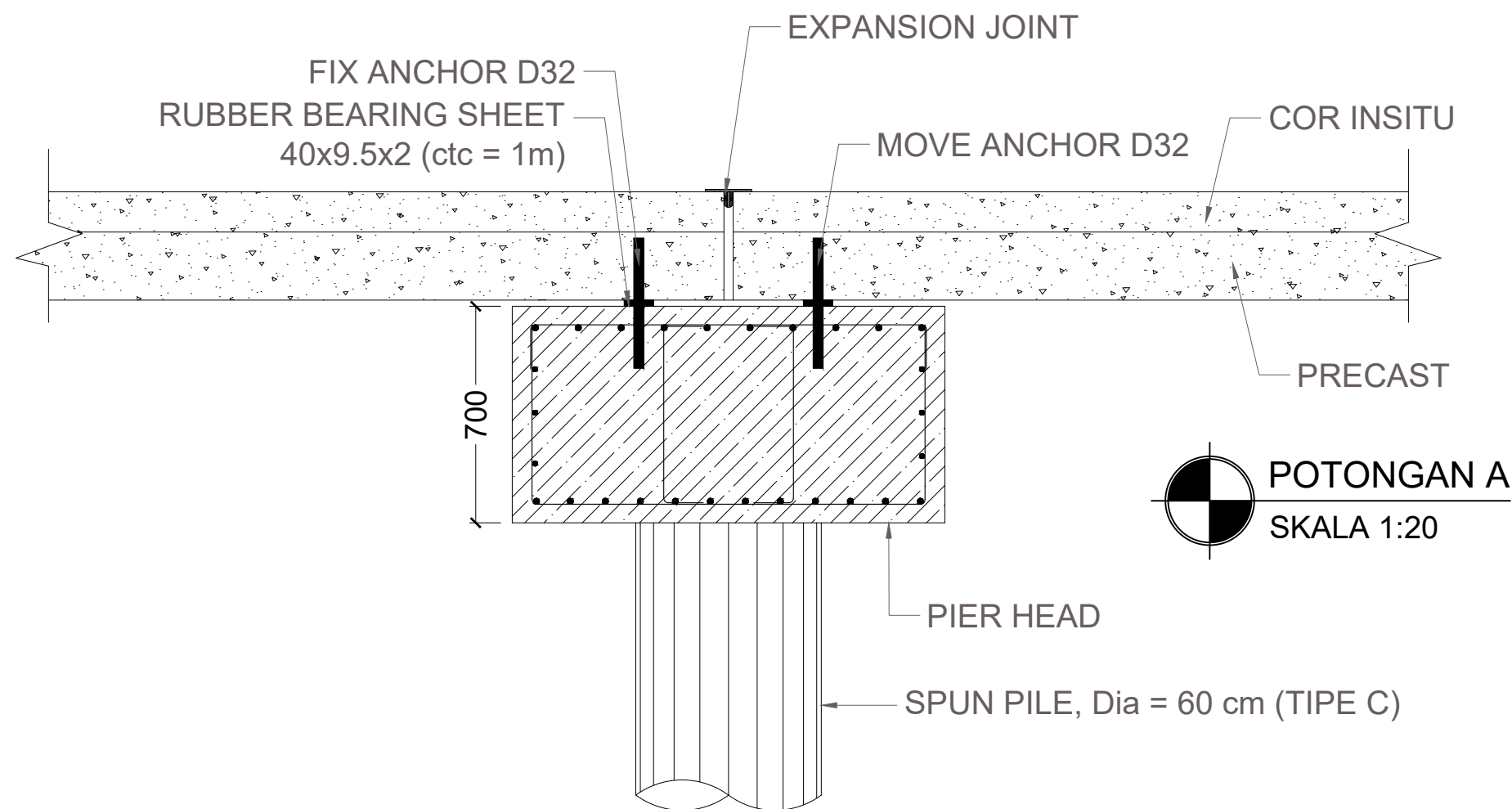
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	23	38





## PIER HEAD EXPANSION JOINT

SKALA 1:55



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### REVISI


### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

### JUDUL GAMBAR

### SKALA

PIER HEAD EXPANSION JOINT	1:55
POTONGAN A	1:20

### DOSEN PEMBIMBING

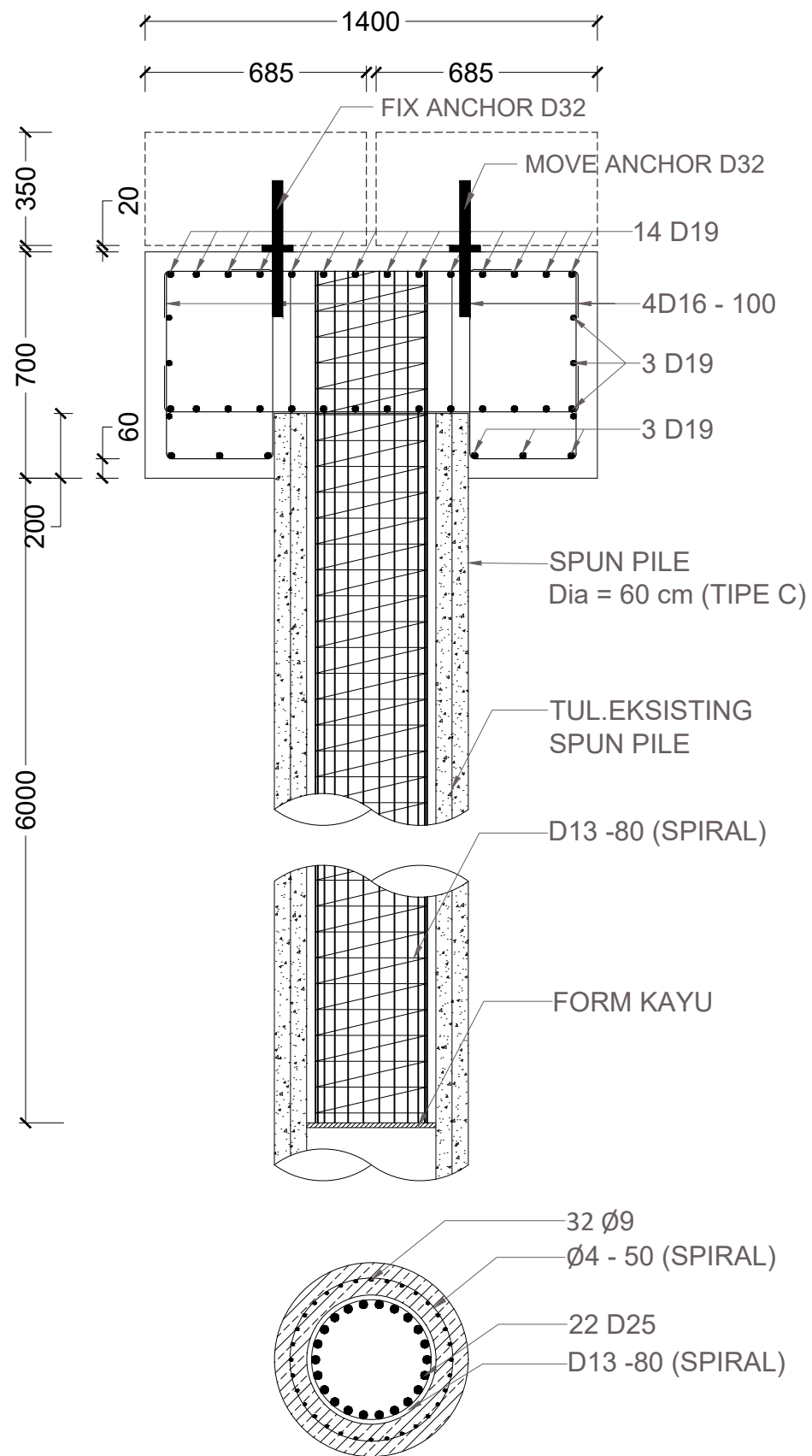
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

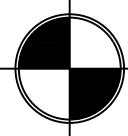
### MAHASISWA

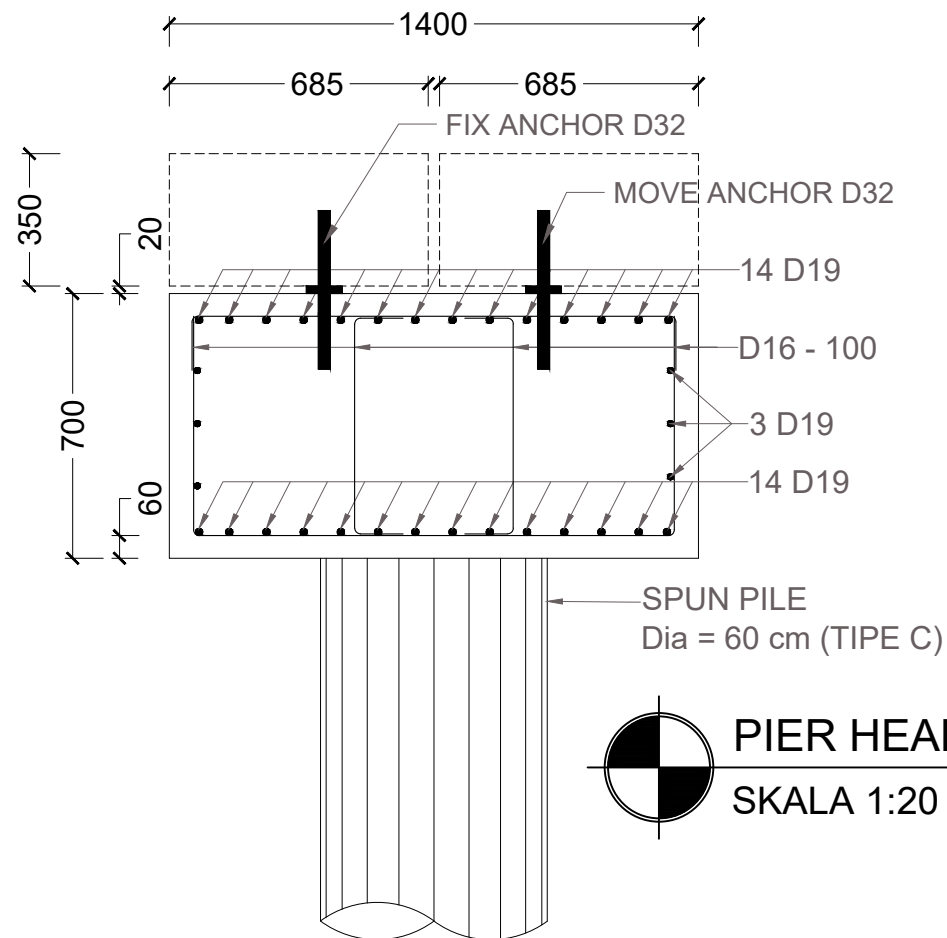
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

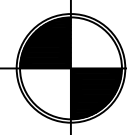
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
-------------	--------	---------

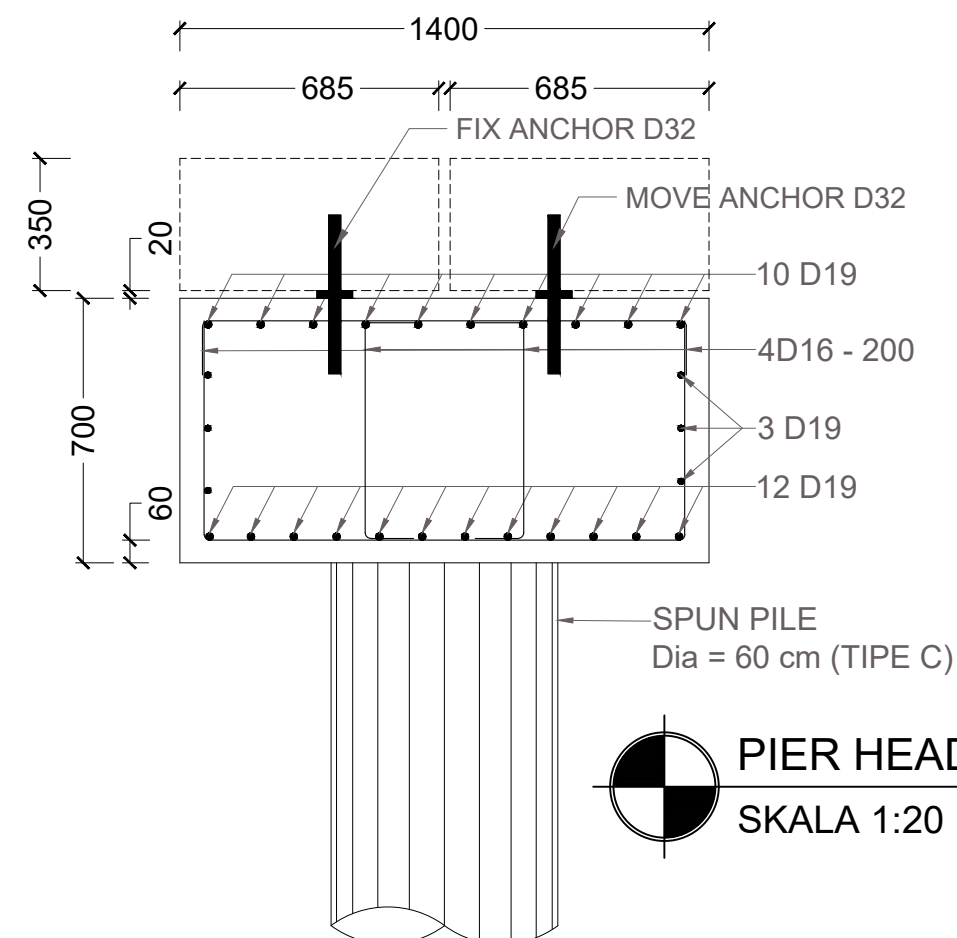
STR	24	38
-----	----	----

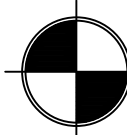


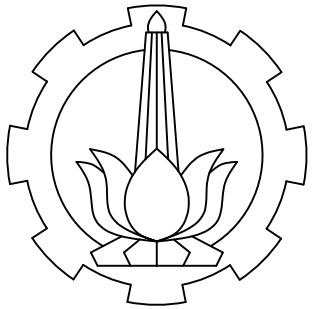
 **PIER HEAD TUMPUAN**  
SKALA 1:20



 **PIER HEAD TUMPUAN**  
SKALA 1:20



 **PIER HEAD LAPANGAN**  
SKALA 1:20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## REVISI

## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
PIER HEAD TUMPUAN	1:20
PIER HEAD TUMPUAN	1:20
PIER HEAD LAPANGAN	1:20

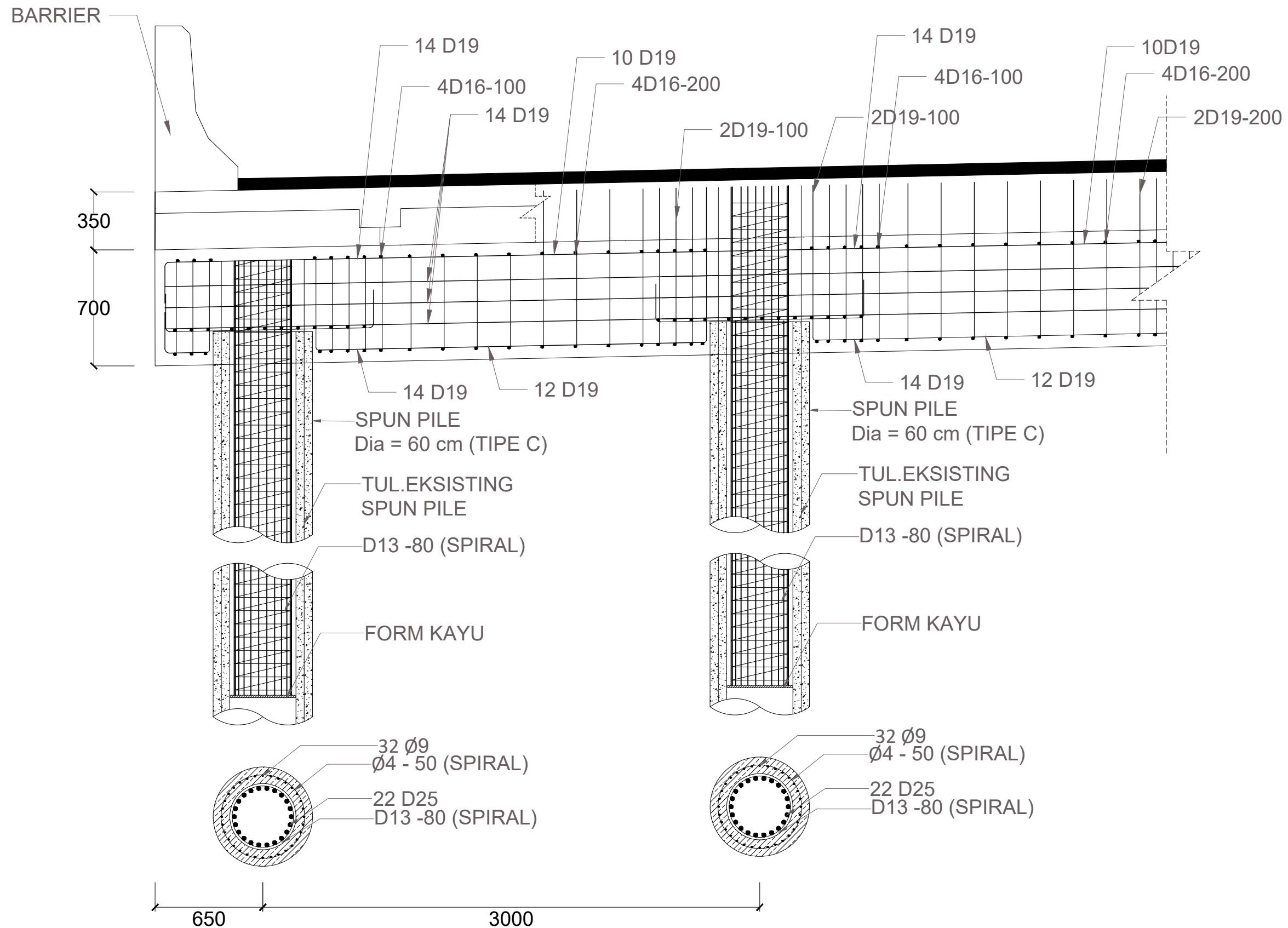
## DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

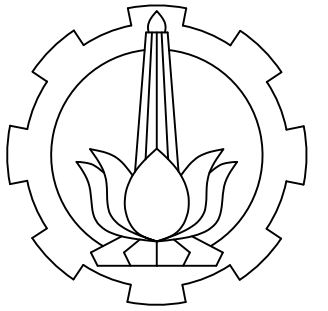
## MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	25	38



**DETAIL PENULANGAN PIERHEAD**  
SKALA 1:25



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR  
DETAIL  
PENULANGAN PIER  
HEAD

SKALA

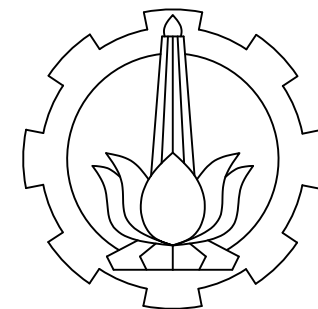
1:25

DOSEN PEMBIMBING  
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA  
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR  
NO GBR  
JML GBR

STR  
26  
38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI


JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN MEMANJANG TULANGAN SLAB DAN PIERHEAD	1:50
DETAIL I	1:15

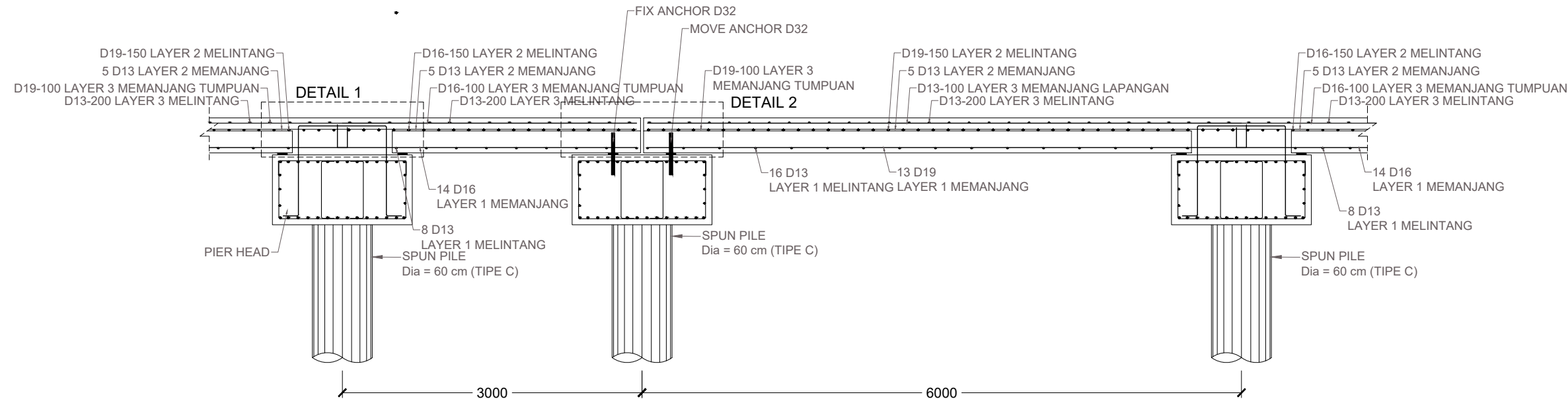
DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

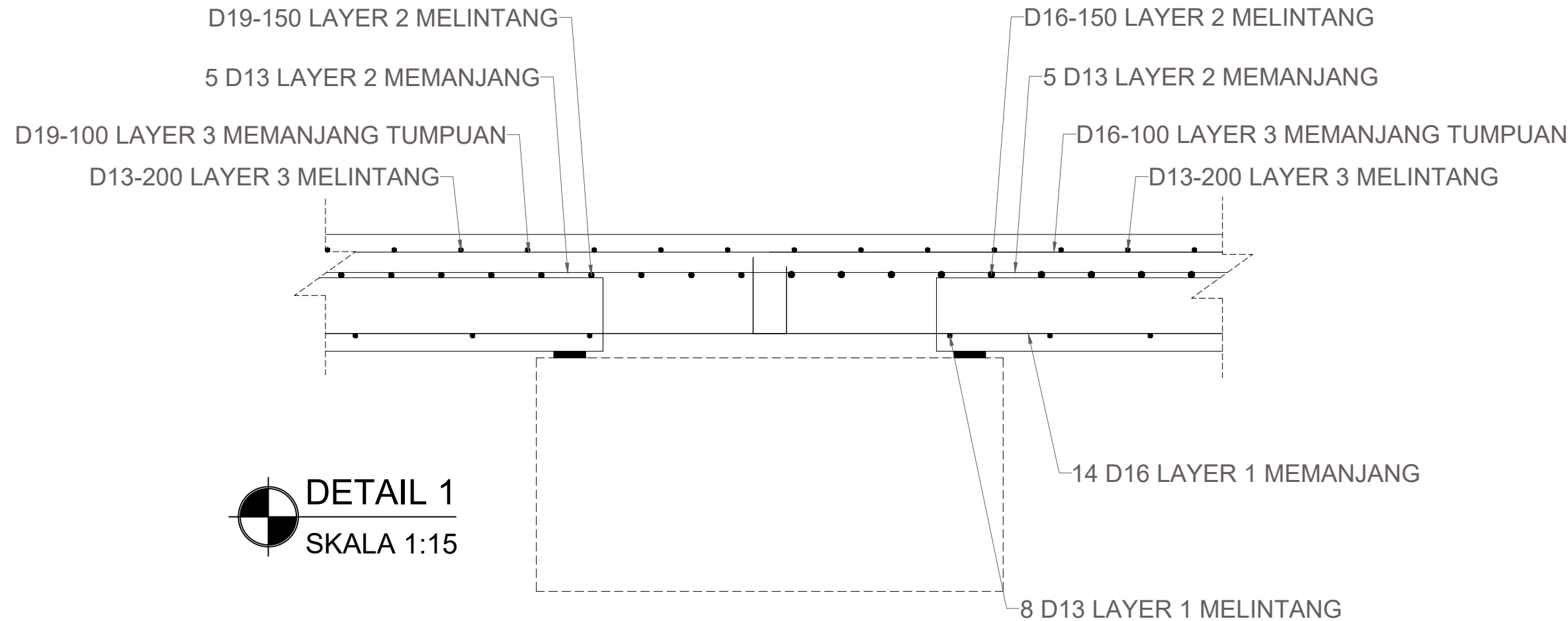
MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

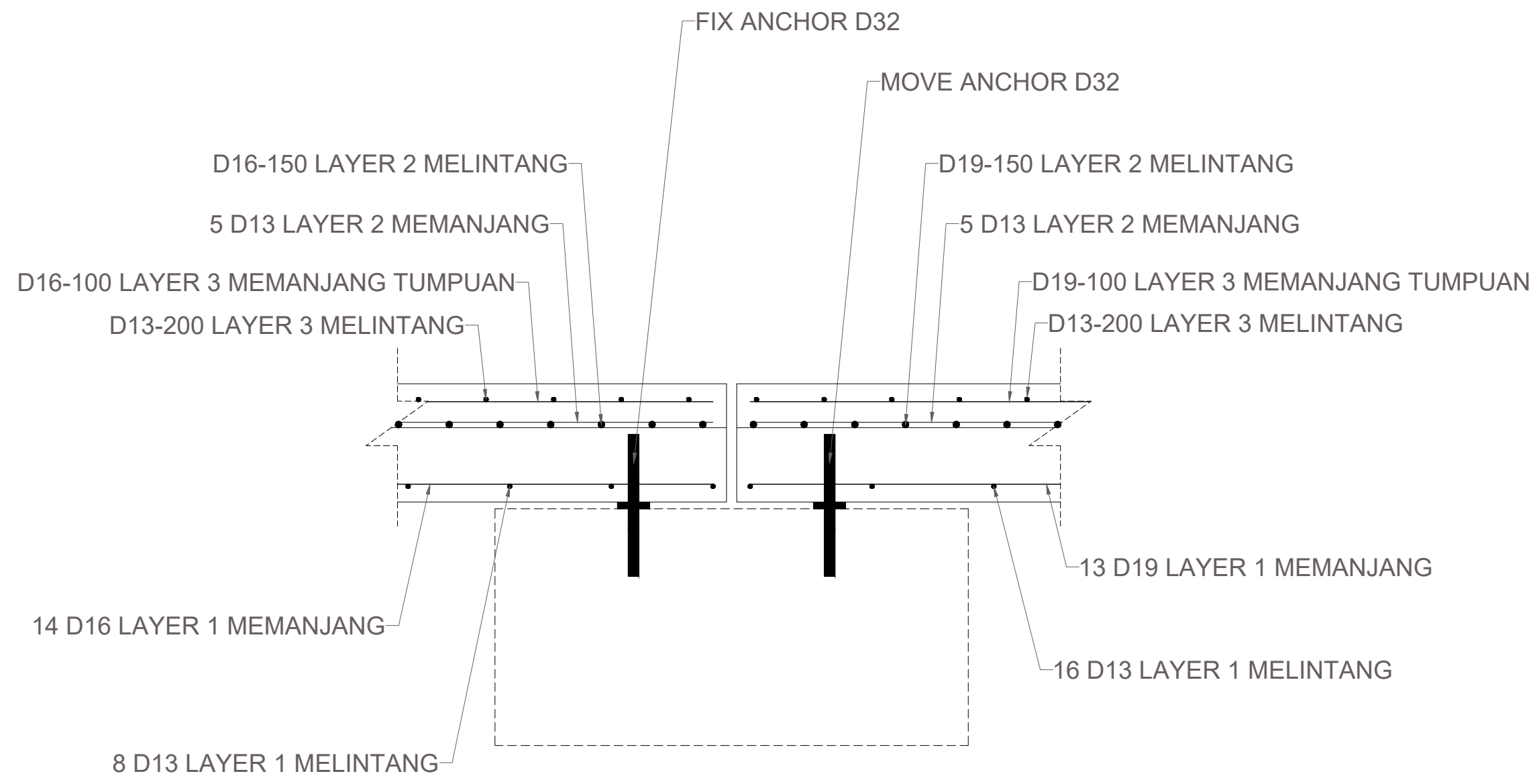
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	27	38



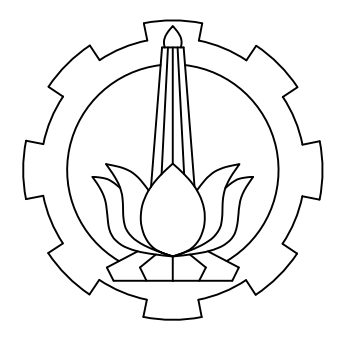
 **POTONGAN MEMANJANG TULANGAN SLAB DAN PIER HEAD**  
SKALA 1:50



 **DETAIL 1**  
SKALA 1:15

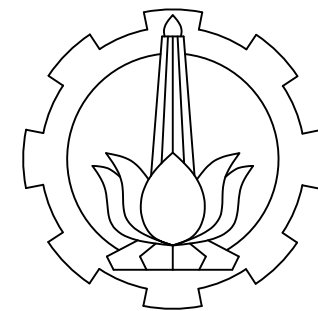


 **DETAIL 2**  
**SKALA 1:15**



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PILED SLAB DENGAN HALF SLAB PRECAST DAN BRACING PADA PILE PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET I STA 37+350 - 37+700 SIDOARJO JAWA TIMUR		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DETAIL 2 POTONGAN MEMANJANG TULANGAN SLAB DAN PIERHEAD	1:15	
DOSEN PEMBIMBING		
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. IR. CHOMAEDHI, CES GEO		
MAHASISWA		
ISMI BAROROH NRP. 10111715000012		
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	28	38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

#### REVISI


#### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

#### JUDUL GAMBAR SKALA

SPUN PILE	1:30
DETAIL KOMPOSIT	1:10
DETAIL SPUN PILE	1:10

#### DOSEN PEMBIMBING

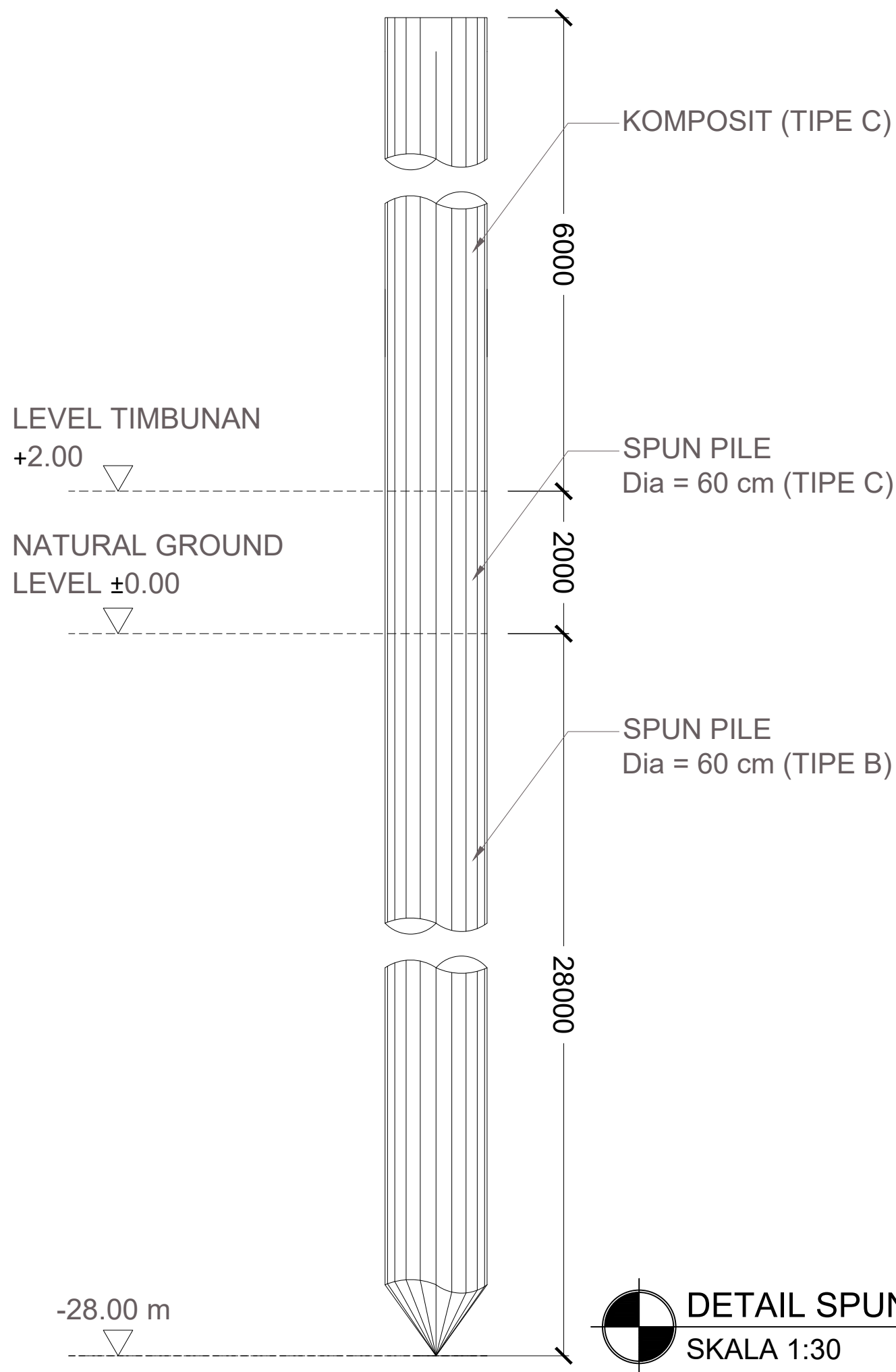
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

#### MAHASISWA

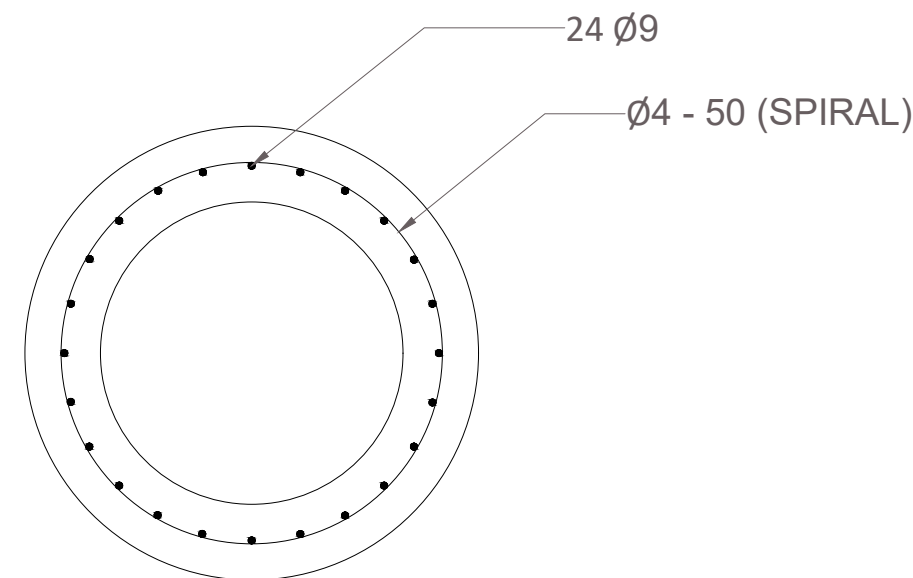
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

#### KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 29 38

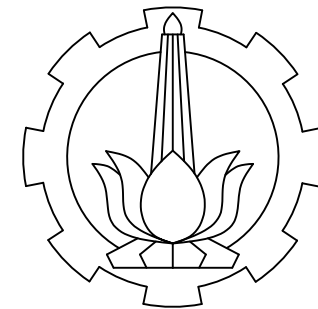


DETAIL KOMPOSIT SPUN PILE TIPE C & PHT  
SKALA 1:10



DETAIL SPUN PILE TIPE B  
SKALA 1:10

DETAIL SPUN PILE  
SKALA 1:30



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH BRACING  
PADA PILE

1:150

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

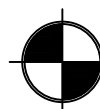
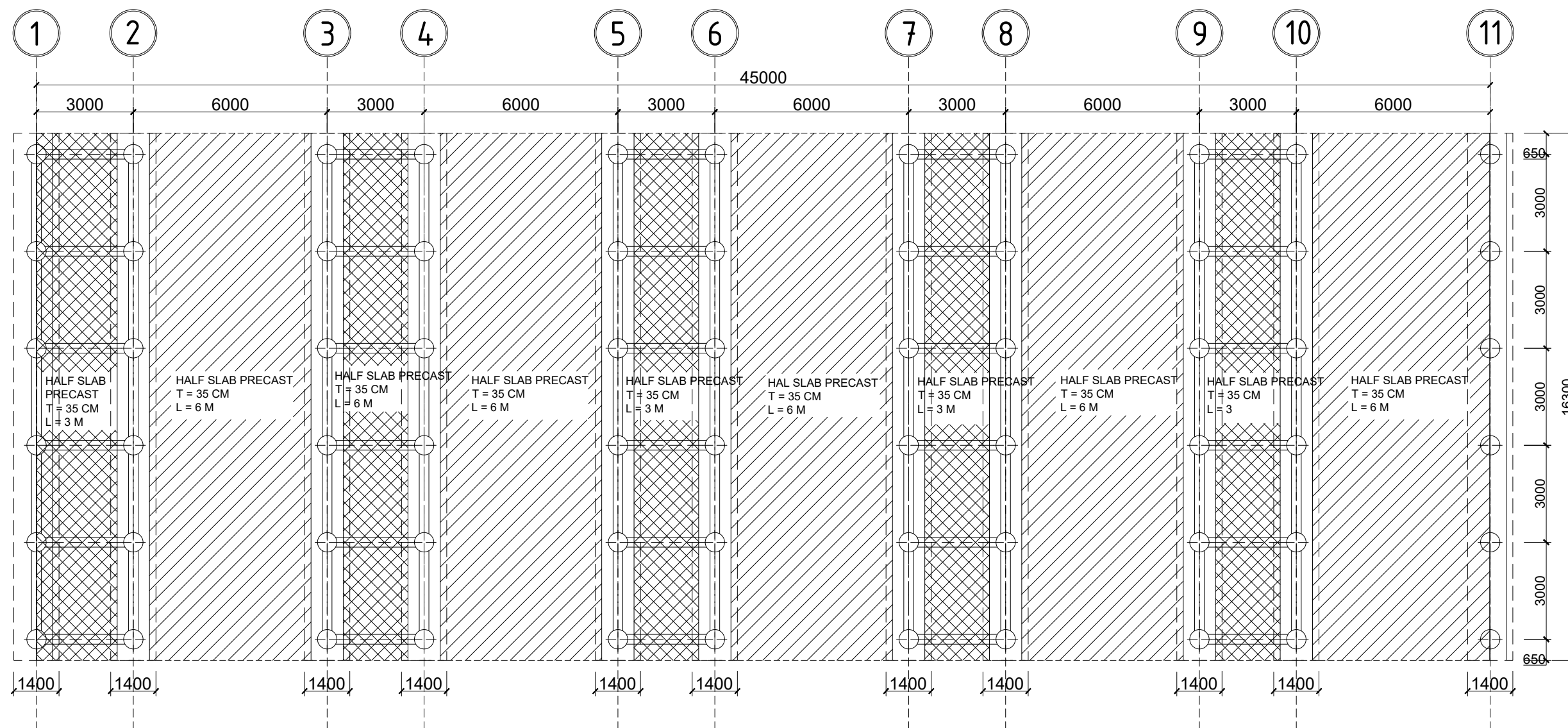
NO GBR

JML GBR

STR

30

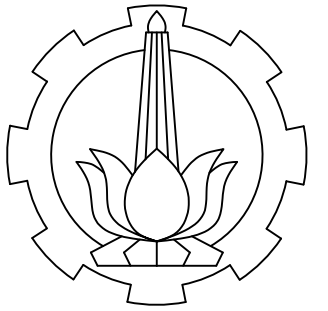
38



DENAH BRACING PADA PILE

SKALA 1:150





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## REVISI


## JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

## JUDUL GAMBAR SKALA

POTONGAN MELINTANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE	1:150
POTONGAN MEMANJANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE	1:150

## DOSEN PEMBIMBING

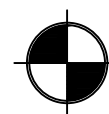
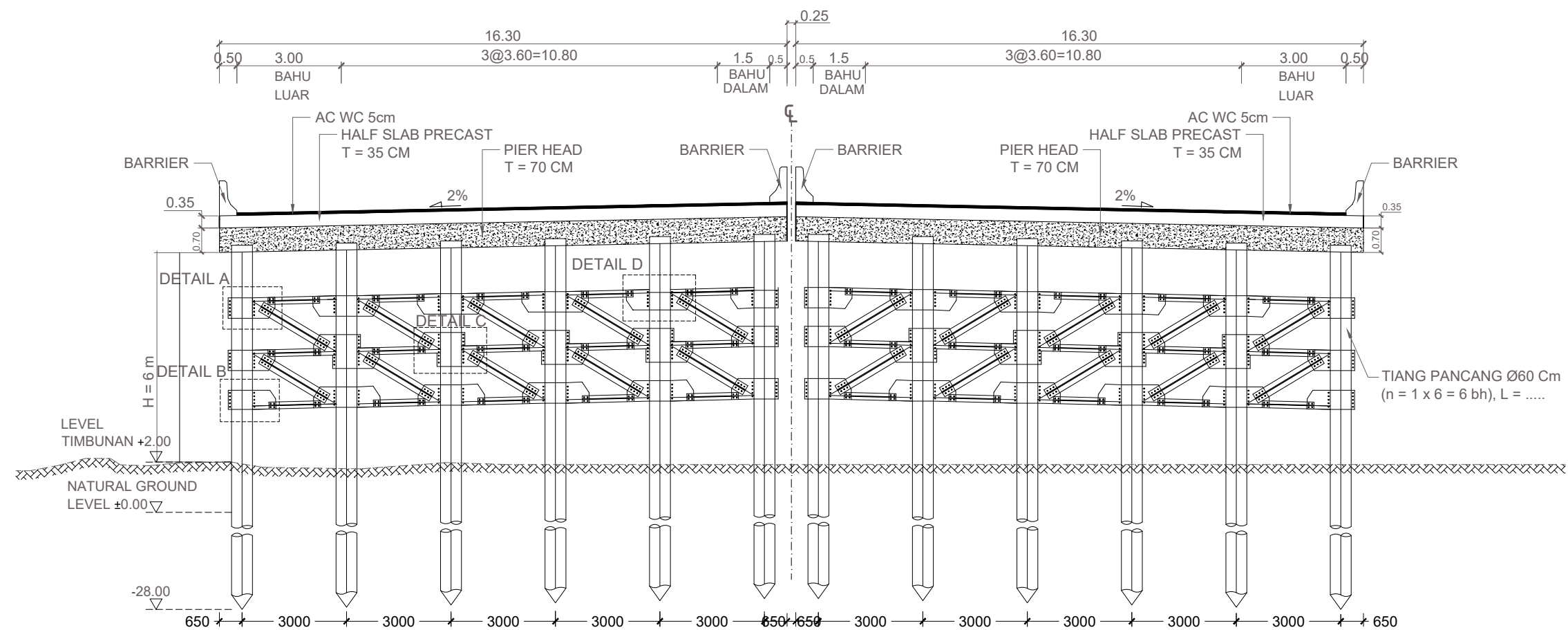
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

## MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

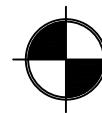
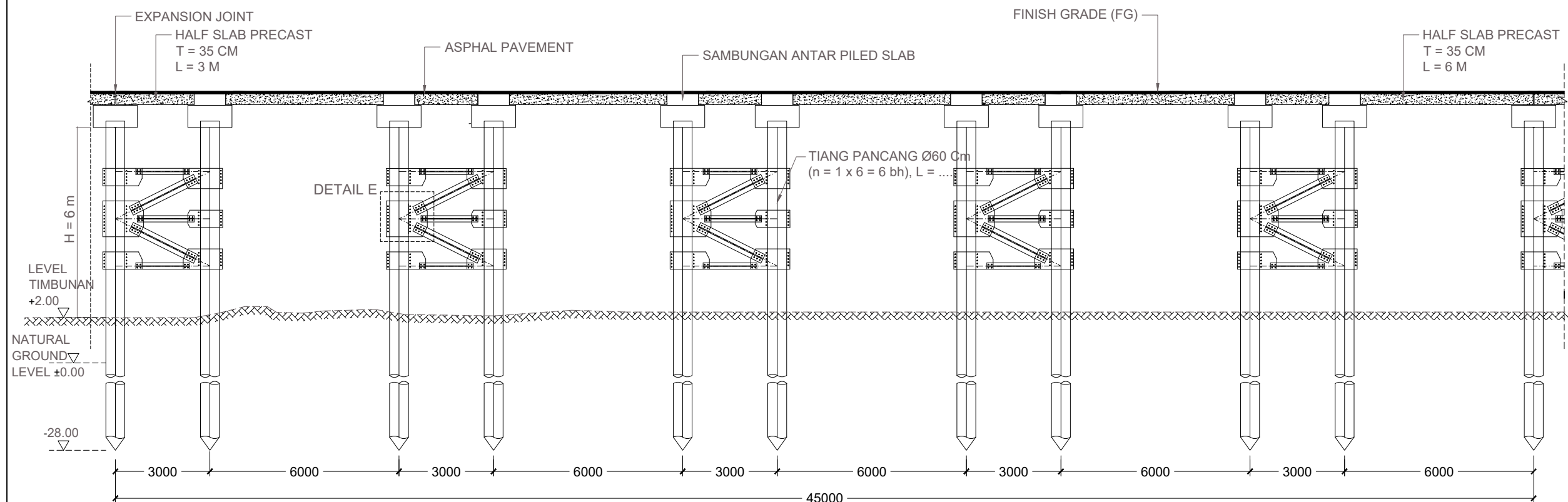
## KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR	31	38
-----	----	----



## POTONGAN MELINTANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE

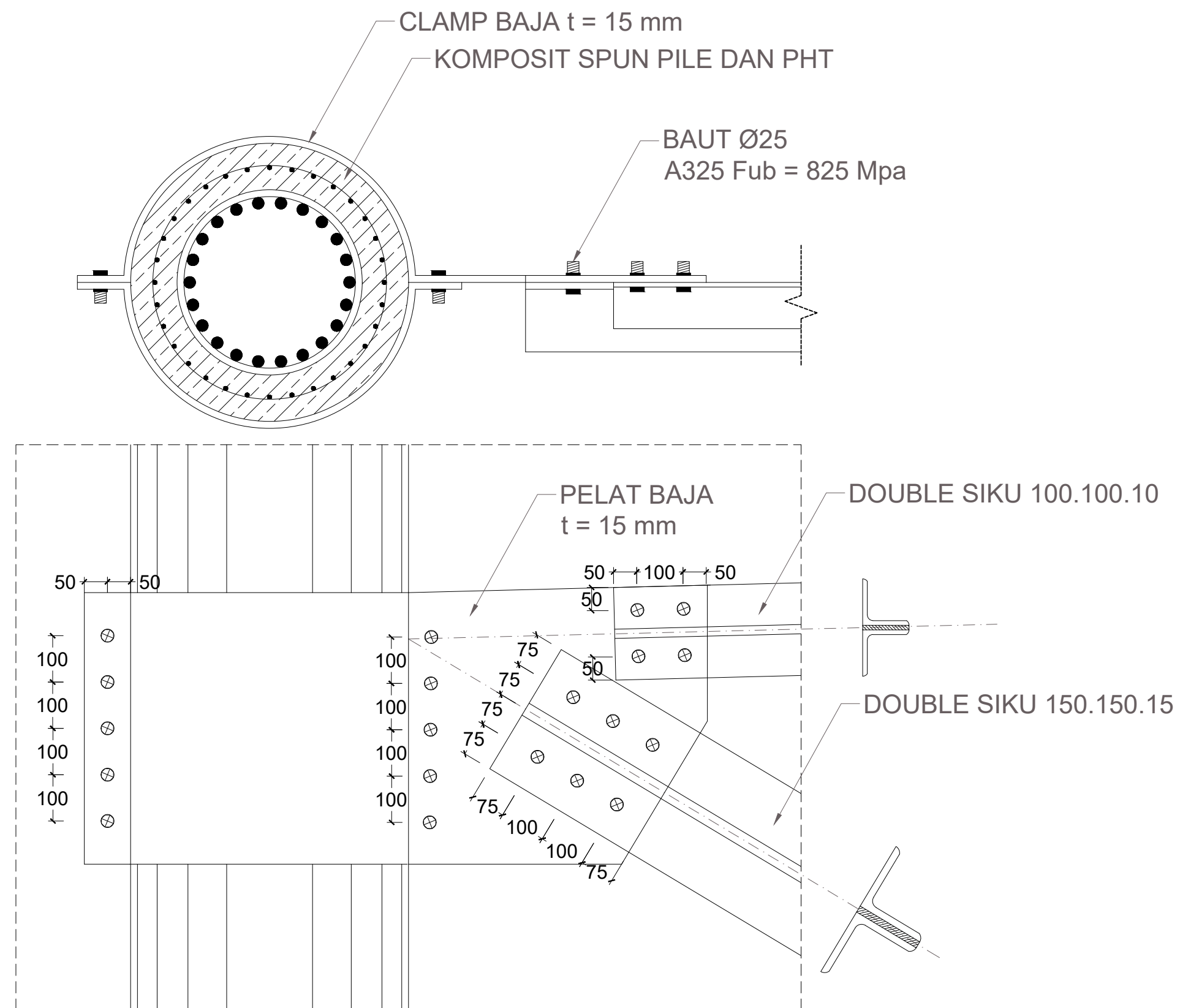
SKALA 1:150



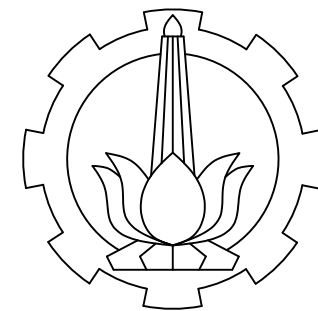
## POTONGAN MEMANJANG PILED SLAB DENGAN BRACING PADA PILE

SKALA 1:150





**DETAIL A**  
**SKALA 1:10**



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAI A  
BRACING PADA PILE

1:10

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

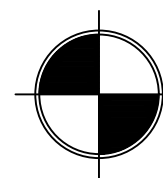
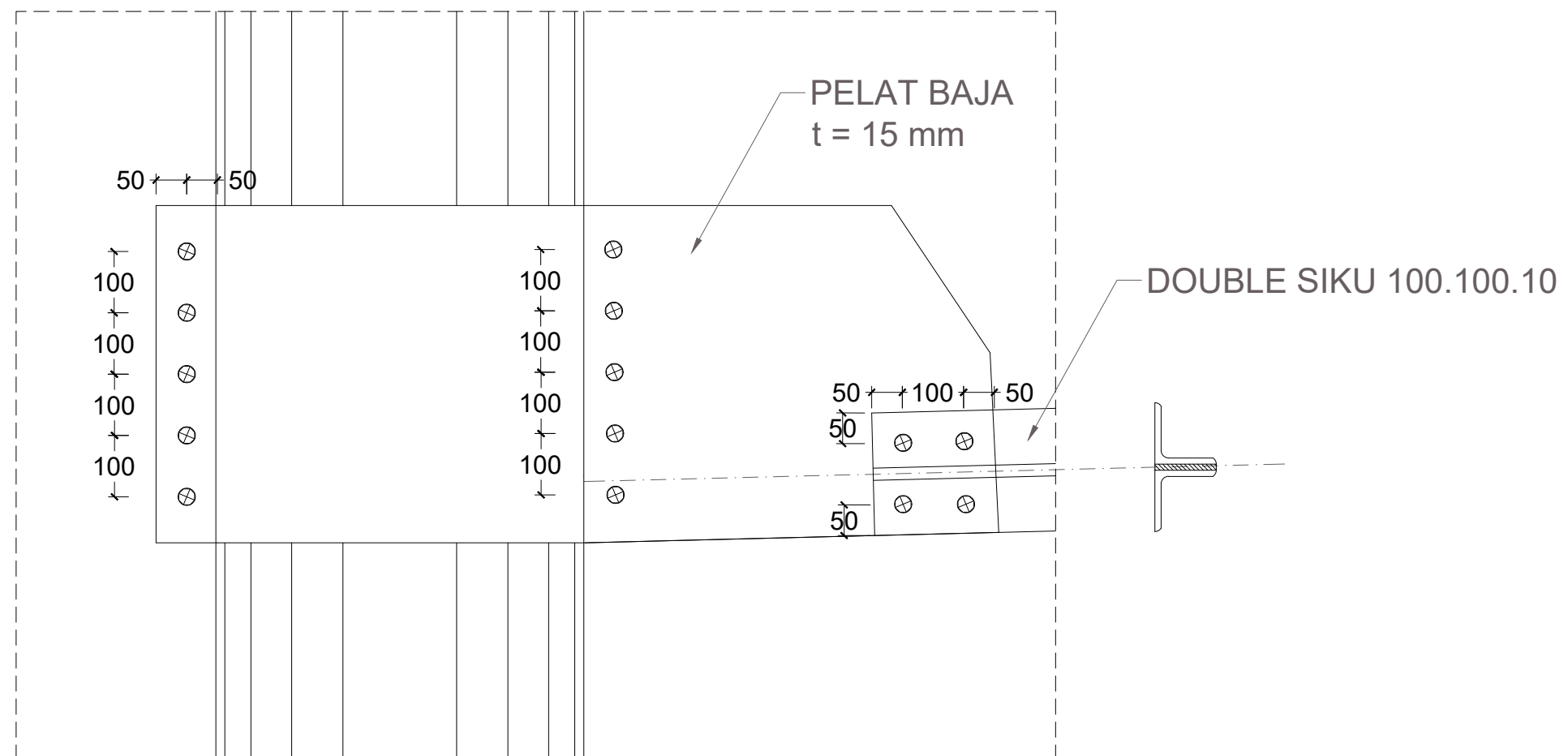
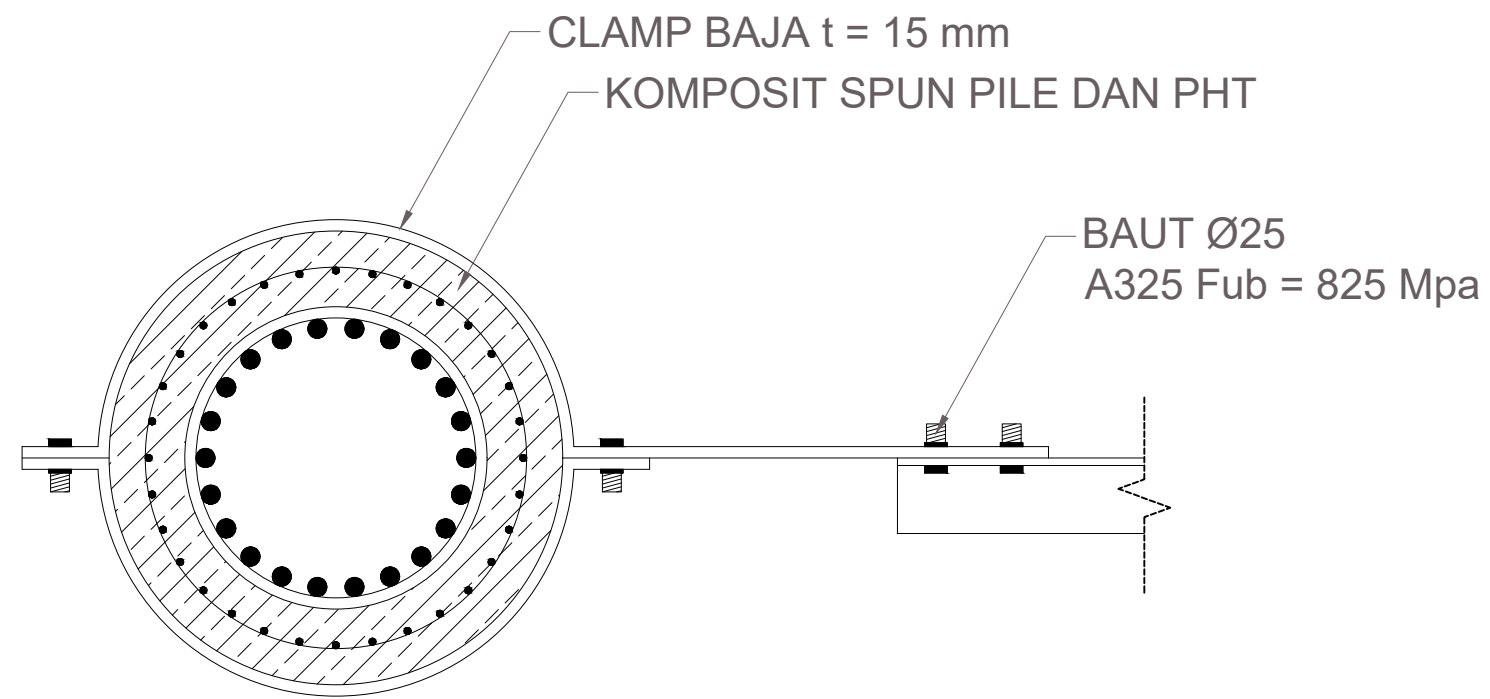
NO GBR

JML GBR

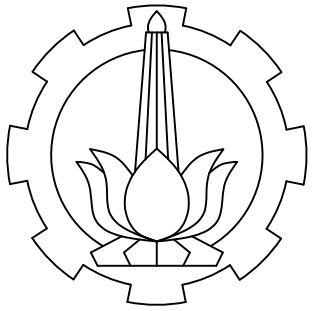
STR

32

38



**DETAIL B**  
**SKALA 1:10**



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAI B  
BRACING PADA PILE

1:10

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

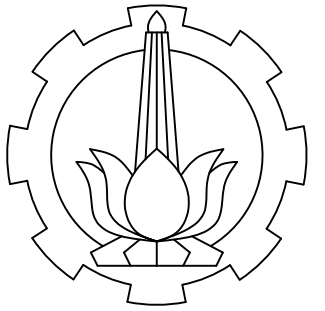
NO GBR

JML GBR

STR

33

38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAI C  
BRACING PADA PILE

1:10

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

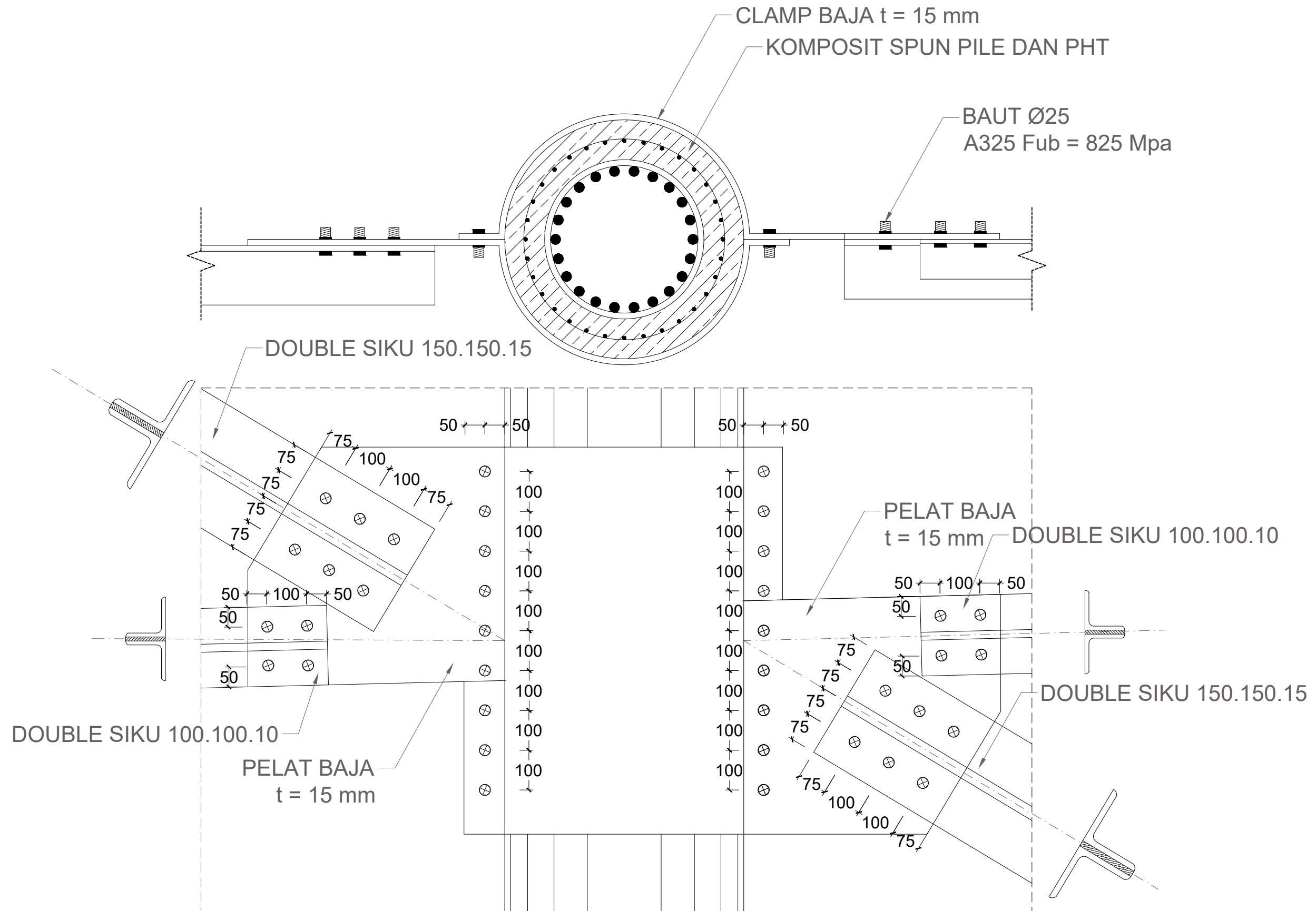
NO GBR

JML GBR

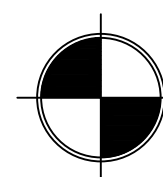
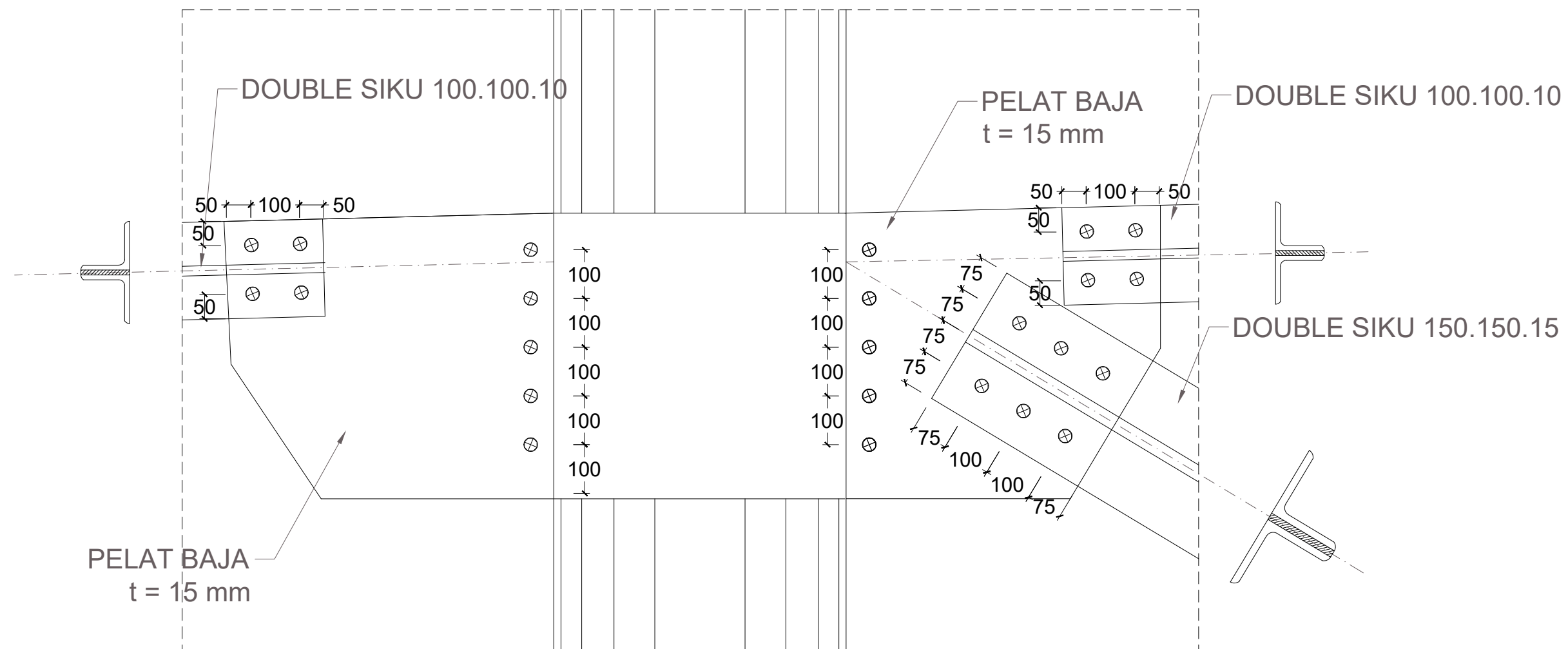
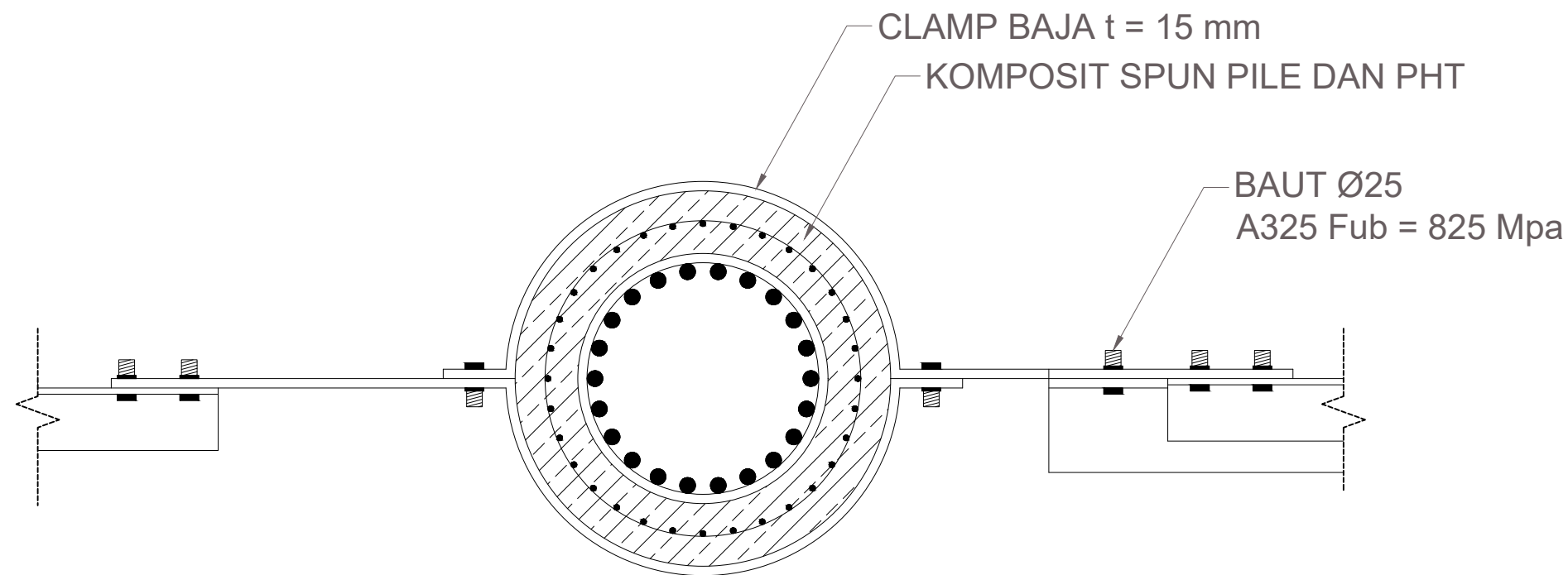
STR

34

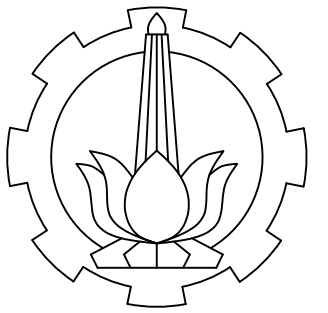
38



 **DETAIL C**  
**SKALA 1:10**



**DETAIL D**  
**SKALA 1:10**



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI


JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAI D  
BRACING PADA PILE

1:10

DOSEN PEMBIMBING

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

MAHASISWA

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR

NO GBR

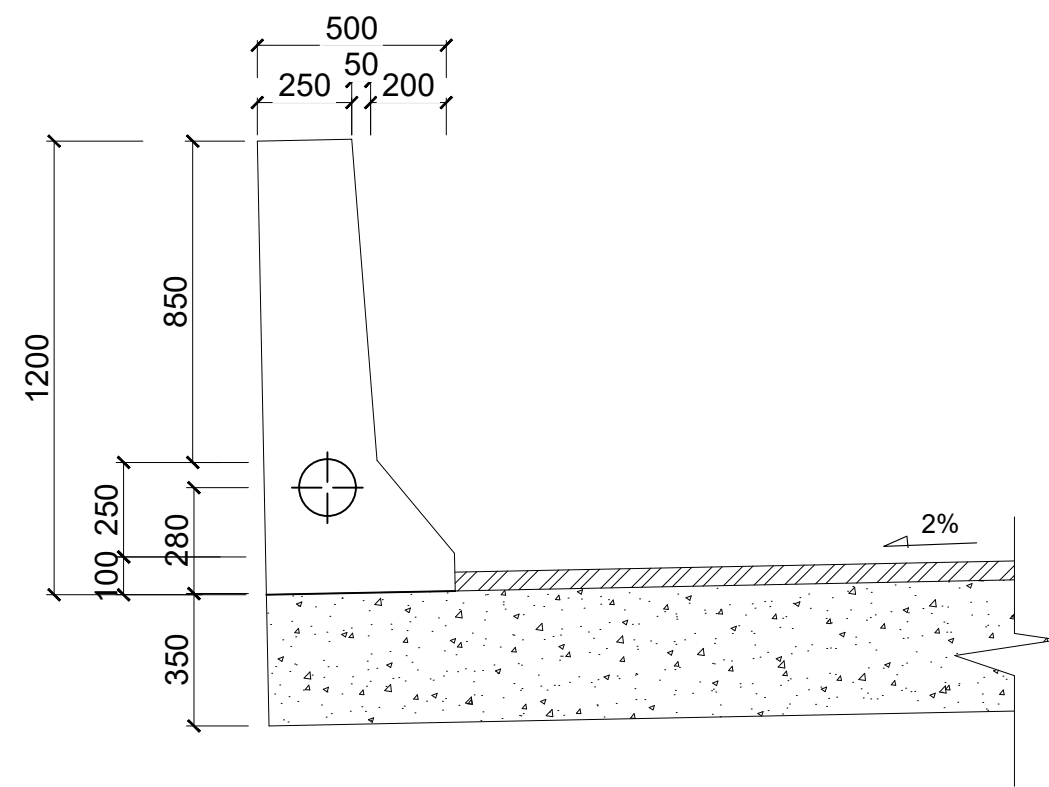
JML GBR

STR

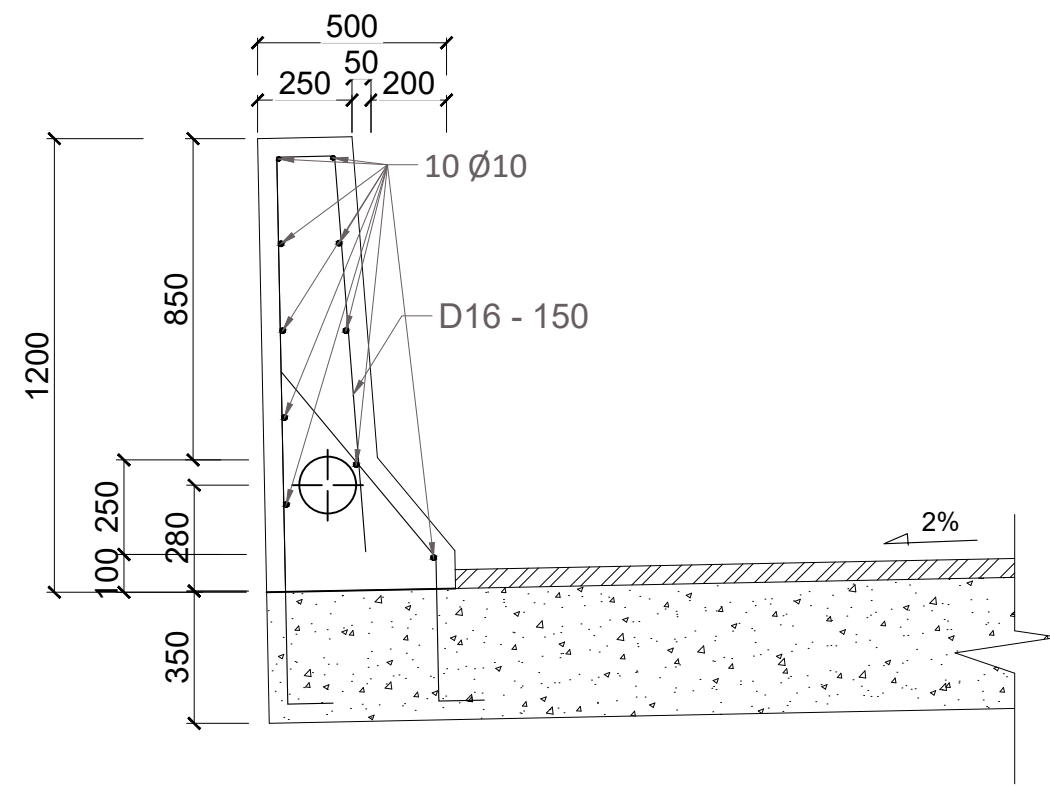
35

38

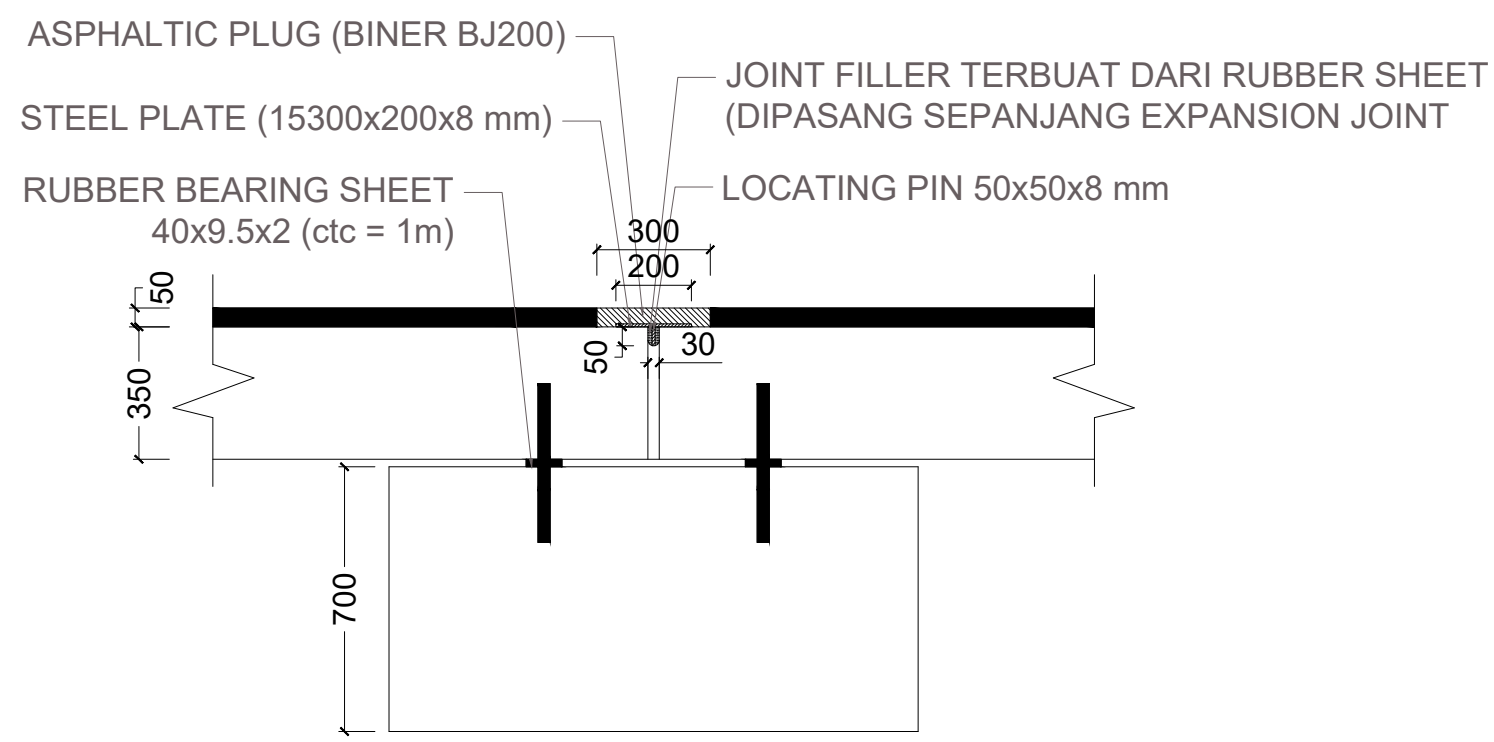




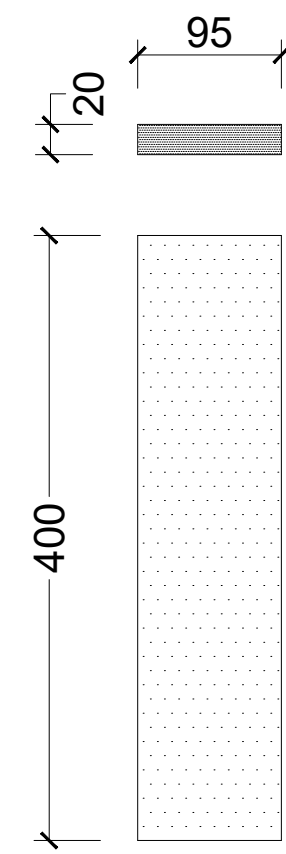
**DETAIL BARRIER**  
SKALA 1:20



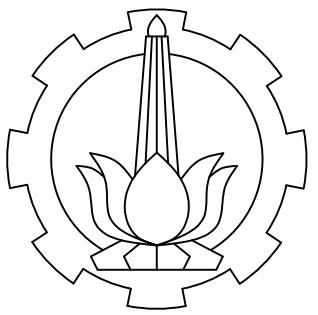
**DETAIL PENULANGAN BARRIER**  
SKALA 1:20



**DETAIL EXPANSION JOINT**  
SKALA 1:20



**DETAIL RUBBER SHEET**  
SKALA 1:20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI	

**JUDUL TUGAS AKHIR**

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BARRIER	1:20
DETAIL PENULANGAN BARRIER	1:20
DETAIL EXPANSION JOINT	1:20
DETAIL RUBBER SHEET	1:20

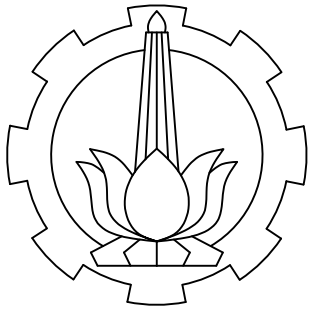
**DOSEN PEMBIMBING**

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

**MAHASISWA**

ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	37	38



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### REVISI


### JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR DAN  
METODE PELAKSANAAN  
PILED SLAB DENGAN HALF  
SLAB PRECAST DAN BRACING  
PADA PILE  
PROYEK RELOKASI JALAN TOL  
PORONG - GEMPOL PAKET I  
STA 37+350 - 37+700  
SIDOARJO JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH ANCHOR	1:75
DETAIL ANCHOR	1:5
DETAIL FIX ANCHOR	1:1
DETAIL MOVE ANCHOR	1:1

### DOSEN PEMBIMBING

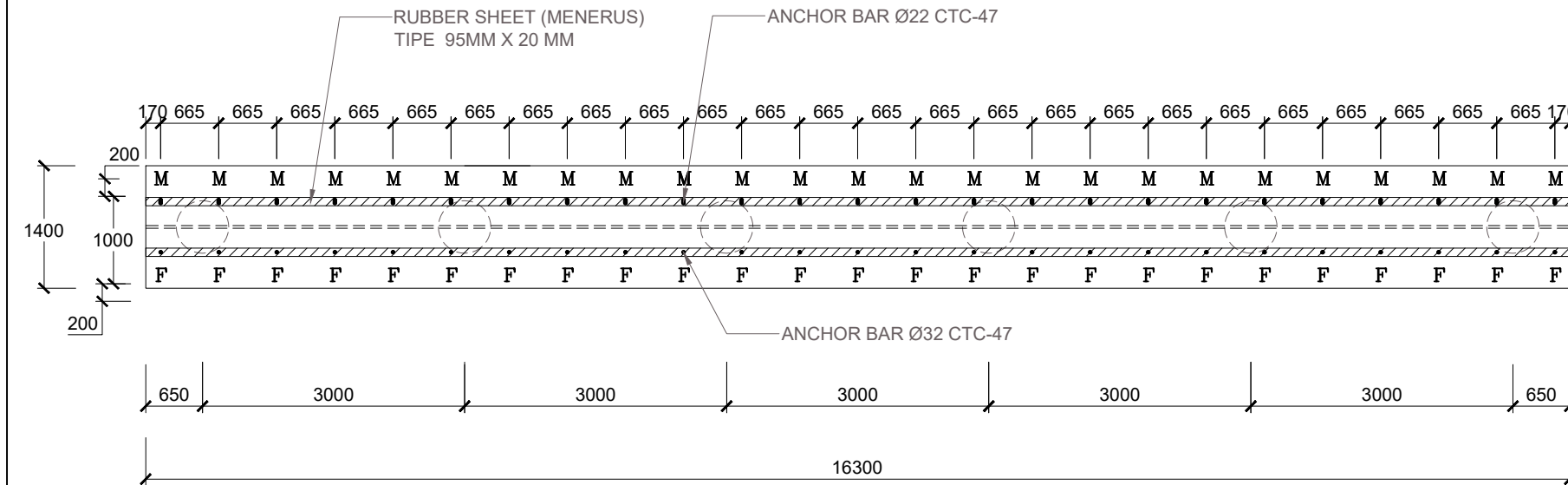
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
IR. CHOMAEDHI, CES GEO

### MAHASISWA

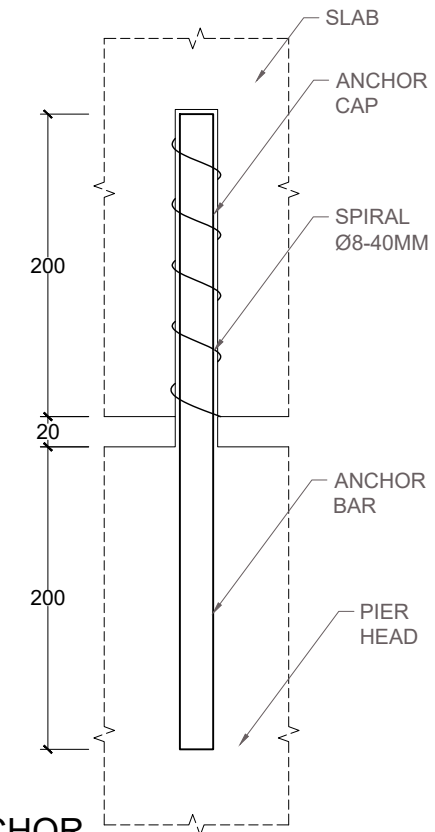
ISMI BAROROH  
NRP. 10111715000012

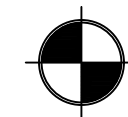
KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
-------------	--------	---------

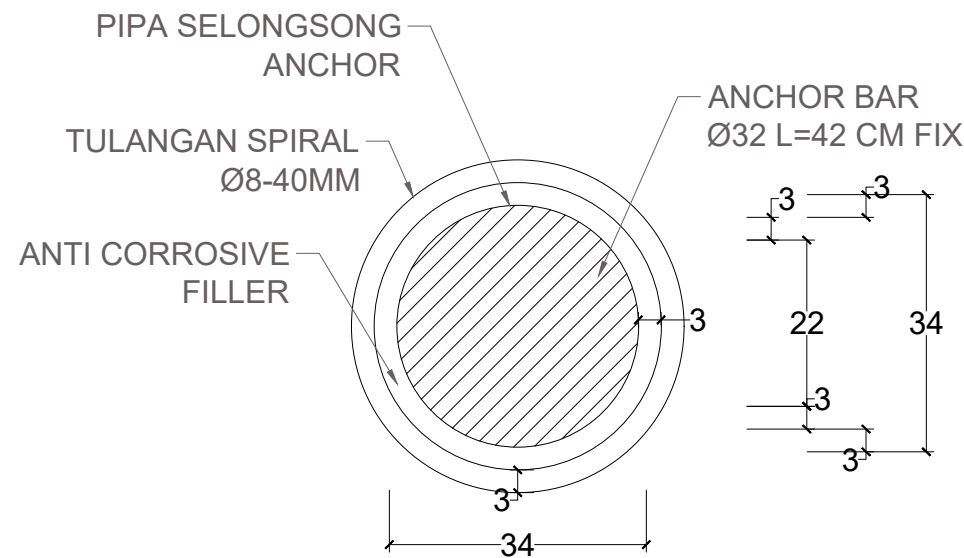
STR 38 38



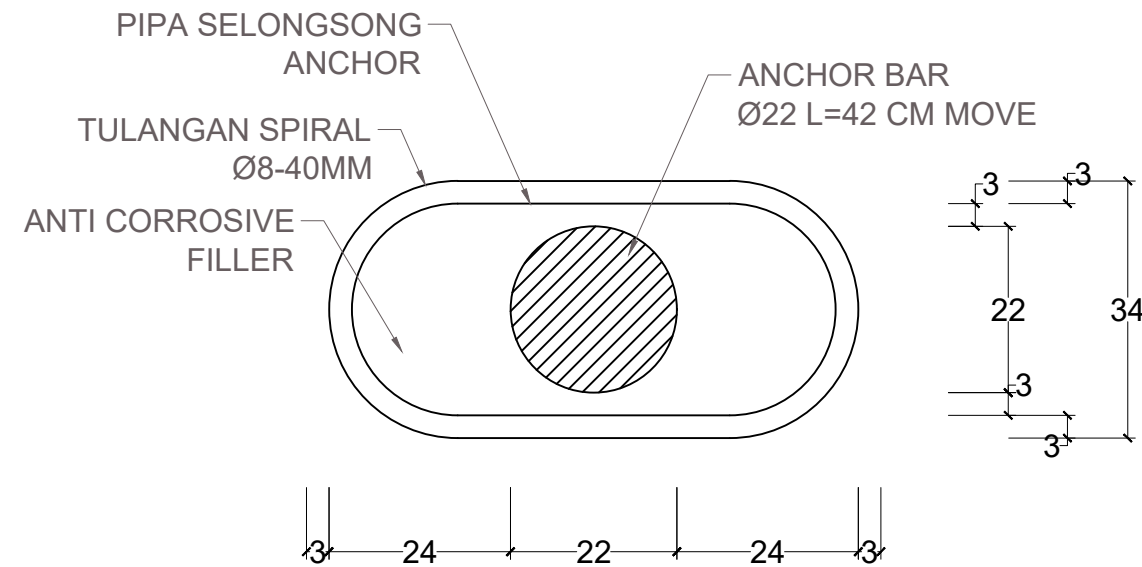
 **DENAH ANCHOR**  
SKALA 1:75

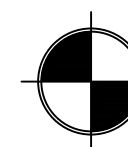


 **DETAIL ANCHOR**  
SKALA 1:5



 **DETAIL FIX ANCHOR**  
SKALA 1:1



 **DETAIL MOVE ANCHOR**  
SKALA 1:1